



departement
**Mobiliteit en
Openbare Werken**

MONEOS 2013 - 13 uursmetingen

**FACTUAL DATA RAPPORT:
STROMINGEN, DEBIET EN SEDIMENT CONCENTRATIE**



13_086

WL Rapporten



MONEOS 2013 - 13 uursmetingen

Factual data rapport:
Stromingen, debiet en sediment concentratie

Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

Mei 2015

WL2015R13_086_2

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). MONEOS 2013 - 13 uursmetingen: Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie. Versie 4.0. WL Rapporten, 13_086. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be







www.watlab.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	MONEOS 2013 - 13 uursmetingen: Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2015R13_086_2
Keywords (3-5):	13 uursmeting, MONEOS, stroomsnelheid, debiet, sedimentologie		
Tekst (p.):	53	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf: /	
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur	Revisor	Projectleider	Verantwoordelijke (Steunpunt) HIC	Afdelingshoofd
Levy, Y. 	Vereecken, H. 	Levy, Y. 	Deschamps, M.  Coördinator Studie & Advies Verwaest, T. 	Mostaert, F. 

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1.0	09/01/2015	Conceptversie	Levy, Y.
2.0	13/05/2015	Inhoudelijke revisie	Levy, Y., Deschamps, M., Vereecken H.
3.0	19/05/2015	Definitieve versie	Levy, Y.

Abstract

Dit verslag rapporteert de resultaten van de dertienuursmetingen van 2013 die jaarlijks georganiseerd worden in het kader van MONEOS. Het gemeten debiet en de sedimentflux zijn vergeleken met die van 2009 tot en met 2012.

Inhoudstafel

Inhoudstafel	I
Lijst van de tabellen	II
Lijst van de figuren	III
1. Inleiding	1
2. Methodiek	2
2.1. Meetprincipe en methode	2
2.2. Meetopstelling	2
2.3. Meetapparatuur	3
2.3.1. ADCP	5
2.3.2. Multiparametersonde	6
2.3.3. Waterpomp	9
2.3.4. GPS	10
2.4. ADCP echo intensiteit omzetten naar absolute backscatter signaal	11
2.5. Maximum ADCP bereik	12
2.6. Normalisatie van de transmissiekracht en de lengte	12
2.7. Stroomsnelheidscorrecties aan de hand van saliniteit schattingen	12
2.8. ADCP afgeleide sedimentconcentratie in suspensie	13
2.9. Het debiet en zijn normalisatie	14
2.10. Het rapporteren van de stromingen met ViSea DPS	15
2.11. De getijden	21
2.11.1. Het getij te Schoonaarde op 27/05/2013	21
2.11.2. Het getij te Terhagen op 29/05/2013	21
2.11.3. Het getij te Hemiksem op 30/05/2013	22
2.11.4. Het getij ter hoogte van het Loodsgebouw op 27/06/2013	22
2.11.5. Het getij te Temse op 12/06/2013	23
2.11.6. Het getij te Liefkenshoek op 25/06/2013	23
3. Resultaten	24
3.1. Stromingen	24
3.2. Debiet	25
3.3. Sediment concentratie	31
3.4. Vergelijking met resultaten uit het verleden	32
3.4.1. Vergelijking van debieten en getij tussen 2009 en 2013	32
3.4.2. Vergelijking van genormeerde debieten en getij tussen 2009 en 2013	36
3.4.3. Vergelijking van de sediment fluxen tussen 2009 en 2013	40
3.4.4. Vergelijking van de sediment concentraties tussen 2009 en 2013	43
3.4.5. Vergelijking van de SSC kalibratie parameters tussen 2009 en 2013	46
4. Referentielijst	52

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Wind omstandigheden tijdens de 13 uursmetingen van 2013.....	3
Tabel 2 – Meetapparatuur gebruikt tijdens de 13uursmetingen	3
Tabel 3 – ADCP opstellingen tussen 2009-2013.....	3
Tabel 4 – Referentie coördinaten van de gemeten dwarsraaien	14
Tabel 5 – Tabel van de opgetreden waterstanden tijdens de 13 uursmetingen tussen 2009 en 2013	15
Tabel 6 – Referentie positieve stroomrichtingen	20
Tabel 7 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC	31
Tabel 8 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Schoonaarde.....	46
Tabel 9 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Terhagen.....	47
Tabel 10 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Kruibeke	49
Tabel 11 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Oosterweel	50
Tabel 12 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Driegoten.....	50
Tabel 13 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Liefkenshoek	51

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Locaties MONEOS 13 uursmetingen op de Schelde	1
Figuur 2 – YSI karakteristieken.....	7
Figuur 3 – AANDERAA Seaguard karakteristieken.....	8
Figuur 4 – Waterpomp	9
Figuur 5 – V111 Vector Hemisphere GPS specificaties	10
Figuur 6 – Septentrio GPS specificaties	10
Figuur 7 – GPS Garmin 60 Cx specificaties	11
Figuur 8 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Schoonaarde	15
Figuur 9 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Terhagen	16
Figuur 10 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Kruibeke	17
Figuur 11 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Oosterweel	18
Figuur 12 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Driegoten	19
Figuur 13 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Liefkenshoek	20
Figuur 14 – Het getij te Schoonaarde op 27/05/2013.....	21
Figuur 15 – Het getij te Terhagen op 29/05/2013.....	21
Figuur 16 – Het getij te Hemiksem op 30/05/2013	22
Figuur 17 – Het getij ter hoogte van het Loodsgebouw op 27/06/2013.....	22
Figuur 18 – Het getij te Temse op 12/06/2013	23
Figuur 19 – Het getij te Liefkenshoek op 25/06/2013	23
Figuur 20 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Schoonaarde op 27/05/2013.....	25
Figuur 21 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Terhagen op 29/05/2013.....	26
Figuur 22 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Kruibeke op 30/05/2013.....	27
Figuur 23 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Oosterweel op 27/06/2013	28
Figuur 24 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Driegoten 12/06/2013.....	29
Figuur 25 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Liefkenshoek op 25/06/2013.....	30
Figuur 26 – Zeeschelde boven debieten te Melle en Dendermonde tussen 23 en 27/05/2013	31
Figuur 27 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Schoonaarde	32
Figuur 28 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 en 2010 te Boom	33
Figuur 29 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2011 en 2013 te Terhagen	33
Figuur 30 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Kruibeke	34
Figuur 31 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Oosterweel.....	34
Figuur 32 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Driegoten	35
Figuur 33 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Liefkenshoek	35
Figuur 34 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Schoonaarde	36
Figuur 35 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 en 2010 te Boom.....	36

Figuur 36 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2011 en 2013 te Terhagen	37
Figuur 37 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Kruibeke.....	37
Figuur 38 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Oosterweel.....	38
Figuur 39 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Driegoten	38
Figuur 40 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Liefkenshoek	39
Figuur 41 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2013 te Schoonaarde.....	40
Figuur 42 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009-2010 te Boom en 2011-2013 te Terhagen	40
Figuur 43 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009-2013 te Kruibeke.....	41
Figuur 44 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009-2013 te Oosterweel.....	41
Figuur 45 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2011-2013 te Driegoten	42
Figuur 46 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2011-2013 te Liefkenshoek.....	42
Figuur 47 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Schoonaarde...	43
Figuur 48 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Boom/Terhagen	43
Figuur 49 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Kruibeke.....	44
Figuur 50 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Oosterweel.....	44
Figuur 51 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Driegoten	45
Figuur 52 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Liefkenshoek...	45
Figuur 53 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Schoonaarde	46
Figuur 54 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Schoonaarde 2011.....	47
Figuur 55 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Terhagen	48
Figuur 56 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Terhagen 2011.....	48
Figuur 57 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Kruibeke	49
Figuur 58 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Kruibeke te 2011	50

1. Inleiding

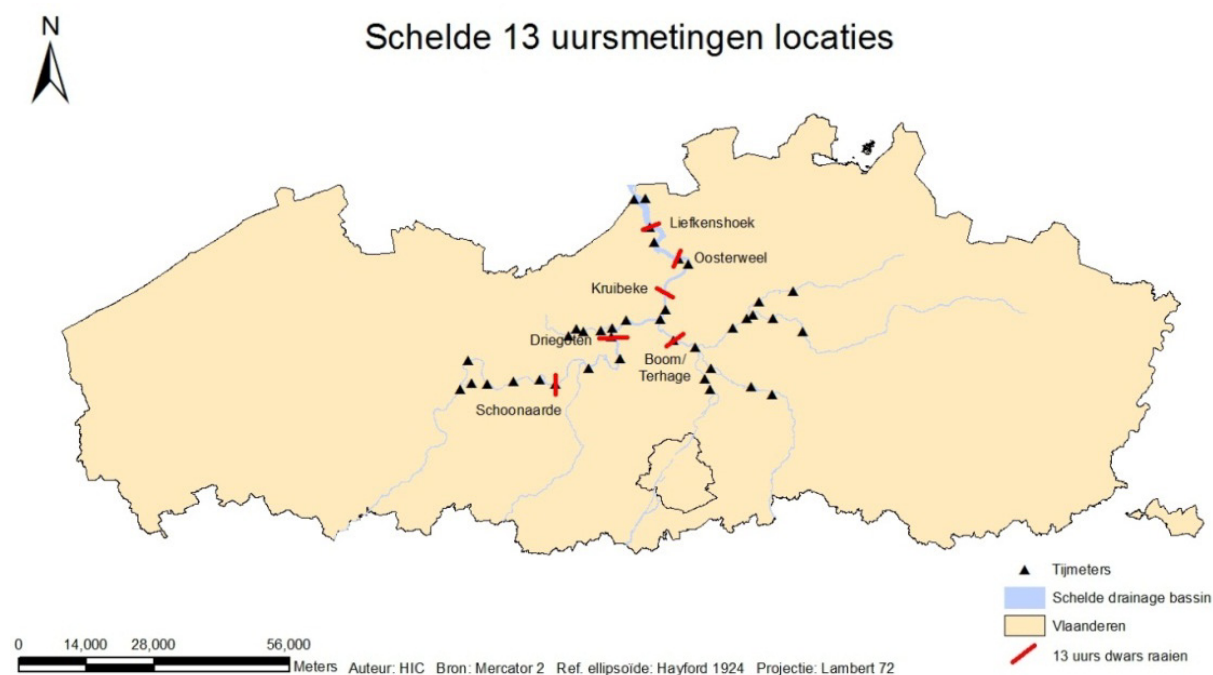
Dit rapport stelt de resultaten voor van de jaarlijkse 13 uursmetingen die in het programma Monitoring Effecten Ontwikkeling Schets (MONEOS(Meire & Maris, 2008)) werden uitgevoerd in 2013. De duur van elke MONEOS 13 uursmeting is zo gepland dat een volledige tijdcyclus gemonitord kan worden. De planning wordt zo gekozen dat springtij voorwaarden heersen tijdens de meting om extremere condities te kunnen waarnemen. Twee luiken worden bestudeerd over één getijdegolf:

1. De stroming
 - Het stromingsverloop:
 - Stromingspatroon over de gehele natte dwarsdoorsnede
 - Debiet
2. Het sediment
 - De concentratie van het sediment in suspensie (SSC)
 - De totale sediment flux

De 13 uursmetingen werden in 2009 en 2010 uitgevoerd door WL en AQUAVISION en gerapporteerd door AQUAVISION. In 2011 werden de metingen van Oosterweel, Driegoten en Liefkenshoek uitgevoerd en gerapporteerd door AQUAVISION en de andere drie locaties door IMDC. Sinds 2011 is de meetraai op de Rupel verlegd van Boom naar Terhagen om de meetinspanning maximaal op de kwaliteits- en ecologische monitoring in het kader van OMES af te stemmen. 2012 is het eerste jaar dat het Waterbouwkundig Laboratorium het rapporteren van de MONEOS 13 uursmetingen op zich neemt. De uitvoering van de metingen te Schoonaarde en Terhagen in 2012 gebeurde door IMDC. De andere vier locaties gebeurden door het WL zelf.

De volgende campagnes werden georganiseerd van stroomopwaarts naar stroomafwaarts (figuur 1). De afstanden tussen de locaties en de Schelde monding te Vlissingen volgens de rivier as is bij benadering vermeld tussen haakjes:

- | | |
|-----------------|----------------------|
| • Schoonaarde | (10/04/2012; 133 km) |
| • Driegoten | (20/07/2012; 103 km) |
| • Terhagen/Boom | (11/04/2012; 98 km) |
| • Kruibeke | (08/06/2012; 89 km) |
| • Oosterweel | (05/07/2012; 78 km) |
| • Liefkenshoek | (07/08/2012; 63 km) |



Figuur 1 – Locaties MONEOS 13 uursmetingen op de Schelde

2. Methodiek

2.1. Meetprincipe en methode

De “Acoustic Doppler Current Profiler” (ADCP) maakt gebruik van het Doppler effect om stroomsnelheden te meten. De stroomsnelheid wordt berekend door een ultrasone golf met gekende golflengte in het water te sturen en zijn, door de deeltjes in het water teruggekaatste, echo te meten. Door de verkorting of verlenging van de afstand tussen het schip en deeltjesmassa wordt de golflengte respectievelijk korter of langer. Die afstand is enerzijds een directe functie van de stroomsnelheid en anderzijds een functie van de scheepsverplaatsing.

De stroomsnelheden worden verbeterd op basis van een GPS signaal dat de bewegingen van het schip registreert (afgelegde weg). De geluidssnelheid in het water is ook een functie van de saliniteit. Die laatste wordt indirect afgeleid door de conductiviteit te meten met een multiparametersonde.

De stromingspatronen worden gemeten gedurende een gans getij (meting duurt standaard 13 uur) langs een natte dwarsdoorsnede. De natte dwarsdoorsnede en de stromingen laten toe om de debieten af te leiden.

Een relatie wordt gelegd tussen het backscatter signaal (ABS) en de bemonsterde SSC waarden om een afgeleid SSC te schatten.

Uiteindelijk laten de aan de hand van het ADCP-signaal afgeleide SSC en de debieten toe om de sediment fluxen te schatten.

2.2. Meetopstelling

Dwarsraaien worden gevaren om de paar minuten met een zodiak waarop een ADCP toestel gemonteerd is. Om het half uur keert de zodiak terug langs het moederschip om de ABS te kalibreren aan de hand van waterstalen en continue multiparametersonde metingen. Er worden monsters genomen op drie verschillende dieptes. De multiparametersonde meet de conductiviteit, de turbiditeit, de temperatuur en de druk.

Bij de metingen uitgevoerd door IMDC werd een OBS multiparametersonde gebruikt. Dit betreft Schoonaarde en Terhagen. In Oosterweel, Liefkenshoek en Driegoten werd een AANDERAA toestel gebruikt aangezien de 13 uursmetingen een interessante gelegenheid vormden om de AANDERAA toestellen van het WL te kalibreren. Daarbij werden er drie AANDERAA toestellen tegelijkertijd gebruikt. De metingen van de meest nauwkeurig van de drie, namelijk RCM 317, werden hier verder gebruikt. In Kruibeke werd een YSI gebruikt. Toestellen worden verder nog beschreven.

Bij de IMDC metingen, werd de OBS sonde enkel in het water gelaten tijdens de bemonstering. Enkel daar kan dus de afgeleide SSC verbeterd worden voor water- en sediment absorptie van het signaal. Deze verbetering heet de range normalisatie. De conductiviteiten van de dwarsraaien zijn lineair geïnterpoleerd. Dezelfde methode werd gehanteerd bij de AANDERAA metingen. Enkel de YSI meting van Kruibeke was continu.

Een normalisatie wordt uitgevoerd door de ADCP tracks te koppelen aan OBS signalen met behulp van ViSea DAS in na-verwerking.

De wind omstandigheden van het dichtstbijzijnde weerstation van het KMI zijn beschreven in *Tabel 1*. Oppervlakkige stromingen worden beïnvloedt door winden en dus sediment fluxen ook.

Tabel 1 – Wind omstandigheden tijdens de 13 uursmetingen van 2013

Meting locatie	Datum	KMI wind meetstation	Wind	
			Snelheid(m/s)	Richting(°)
Schoonaarde	27/05/2013	Melle	2,65	222,08
Terhagen	29/05/2013	Melle	3,79	235,31
Kruikebe	30/05/2013	Deurne	1,79	254,58
Oosterweel	27/06/2013	Deurne	4,18	309,32
Driegoten	12/06/2013	Melle	4,58	194,85
Liefkenshoek	25/06/2013	Stabroek	2,18	314,67

2.3. Meetapparatuur

Onderstaande Tabel 2 geeft een overzicht van de gebruikte meetapparatuur tijdens de 13 uursmetingen van 2013.

Tabel 2 – Meetapparatuur gebruikt tijdens de 13uursmetingen

Meting locatie	Datum	ADCP	Multiparametersond	GPS	Waterpom	Schip	Waarnemers
Schoonaarde	27/05/2013	WH RG BB 1200 kHz RDI Ver. 10.17, SN: 19323.	YSI 6920 V2.2	Garmin handheld GPS 60Cx	Calpeda CA cam 80 E versie B- CA	Veremans Scheldewacht II	Yair Levy; Erwin De Backer; Charline D'hoekers (IMDC)
Terhagen	29/05/2013						Yair Levy; Erwin De Backer
Kruikebe	30/05/2013						Yair Levy; Erwin De Backer; Charline D'hoekers (IMDC)
Oosterweel	27/06/2013						Yair Levy; Piet Wollaert
Driegoten	12/06/2013						
Liefkenshoek	25/06/2013		AANDERAA Seaguard RCM 65	Septentrio MGB DUO RTK GPS + Heading receiver			Yair Levy; Erwin De Backer

Onderstaande Tabel 3 geeft een overzicht van het type ADCP dat gebruikt werd tijdens de 13 uursmetingen de voorbije jaren.

Tabel 3 – ADCP opstellingen tussen 2009-2013

Meting locatie	2009	2010	2011	2012	2013
Boom	RG 1200 kHz RDI	RG 1200 kHz RDI	-	-	-
Driegoten	RG 1200 kHz RDI	RG 1200 kHz RDI	WH RG 1200 kHz RDI Ver. 10.16	BB 1200 kHz RDI Ver. 10.16	WH RG BB 1200 kHz RDI Ver. 10.17, SN: 19323.
Kruikebe	BB 600 kHz RDI Ver. 5.52	WH BB ADCP RDI Ver. 51.36	WH Sentinel 600 kHz RDI	BB 1200 kHz RDI Ver. 5.57	
Liefkenshoek	BB 600 kHz RDI Ver. 5.52	WH BB ADCP RDI Ver. 51.36	WH M 600 kHz RDI Ver. 51.40	WH RG 1200 kHz RDI Ver. 5.57	

Meting locatie	2009	2010	2011	2012	2013
Oosterweel	BB 600 kHz RDI Ver. 5.52	WH BB ADCP RDI Ver. 51.36	WH M 600 kHz RDI Ver. 51.40	BB 1200 kHz RDI Ver. 16.21	
Schoonaarde	RG 1200 kHz RDI	RG 1200 kHz RDI	WH RG 1200 kHz RDI Ver. 10.16	WH Sentinel 1200 kHz RDI Ver. 51.36	
Terhagen	-	-	WH RG 1200 kHz RDI Ver. 10.16	WH Sentinel 1200 kHz RDI Ver. 51.36	
Schellebelle	-	-	-	-	
Terhagen	-	-	-	-	

Acroniem	Betekenis
BB	Broadband
M	Monitor
RDI	Teledyne RD Instruments
RG	Rio Grande
S	Sentinel
Ver.	Version
WH	WorkHorse
SN	Serial number

2.3.1. ADCP

Een nieuw ADCP toestel aangekocht door het WL werd gebruikt voor de metingen van 2013. Het gaat om een Workhorse RioGrande van 1200 kHz (WHRG1200). De technische specificaties ervan staan hieronder vermeld.

Workhorse Rio Grande

Versatile River Discharge Measurement System



TECHNICAL SPECIFICATIONS

		WHR600 600kHz	WHR1200 1200kHz
Water Velocity Profiling	Profiling range	0.7m ¹ to 75m ²	0.3m ¹ to 25m ²
	Velocity range ±5m/s default, ±20m/s maximum	
	Accuracy ±0.25% of water velocity relative to ADCP, ±2mm/s	
	Resolution	1mm/s	1mm/s
	Number of cells	1-128	1-128
	Cell size	0.1m to 4m	0.05m to 2m
	Blanking distance	0.25m	0.05m
Bottom Tracking	Data output rate	1-2Hz (typical)	1-2Hz (typical)
	Velocity range	±9.5m/s	±9.5m/s
	Depth range	0.8m to 90m ²	0.5m to 30m ²
	Accuracy ±0.25% of bottom velocity relative to ADCP, ±2mm/s	
Depth Measurement	Resolution	1mm/s	1mm/s
	Range	0.8m to 90m ²	0.5m to 30m ²
	Accuracy	±1% ±1cm	±1% ±1cm
Standard Sensors	Resolution	1mm/s ⁴	1mm/s ⁴
	Temperature	-5°C to 40°C	Compass
	Tilt (pitch and roll)	±15°	0-360°
Operation Modes	Range	±0.4°C	±2°
	Accuracy	0.01°C	0.01°
	Resolution		
Transducer and Hardware	Standard profiling mode (Broadband)	Mode 1	
	High precision profiling mode (included)	Mode 5 and Mode 11	
	High ping profiling mode (optional)	Mode 12	
	Shallow water bottom tracking mode (optional)	Bottom tracking Mode 7	
Software ⁵	Configuration	Janus four beams at 20° beam angle	
	Internal memory	Optional flash PC card up to 2GB	
Communications	Configuration	Janus four beams at 20° beam angle	
	Internal memory	Optional flash PC card up to 2GB	
Integration	Serial (standard)	RS-232, 1200 to 115,200 baud rate	
	Radio modem (optional)	Range > 30km (line of sight)	
Power	With GPS, depth sounder, or external gyrocompass: available through RS232 to PC with WinRiver II software		
Float (optional)	Input voltage	10.5-18V DC	
	Power consumption	1.5W typical	
	Configuration	Three hulls (trimaran)	
	Material	Polyethylene	
Environmental	Dimensions	Length 120cm, width 80cm, height 18cm	
	Weight	10kg bare; 17kg with instrument and battery	
Environmental	Operating temperature	-5°C to 45°C	
	Storage temperature	-20°C to 50°C	

1. Assume one good cell (minimum cell size) with high-precision profiling mode; range measured from transducer surface.

2. Assume fresh water; actual range depends on temperature and suspended solids concentration.

3. Assume uniform water temperature and salinity profile.

4. For averaged depth data.

5. For system setup, data acquisition, discharge calculation, data display and summary report.

2.3.2. Multiparametersonde

Tijdens deze reeks 13 uursmetingen werd er bijna overal een YSI 6920 V2.2 toestel gebruikt ter kalibratie. De karakteristieken ervan zijn hieronder beschreven in *Figuur 2*.

The **6920 V2-2** with

- 2 optical ports
- Conductivity/temperature port
- pH or pH/ORP port
- ISE port



Medium	Fresh, sea or polluted water	
Temperature	Operating	-5 to +50°C
	Storage	-10 to +60°C
Communications	RS-232, SDI-12	
Software	EcoWatch®	
Dimensions	Diameter	2.85 in, 7.24 cm
	Length	18 in, 45.7 cm
	Weight	4 lbs, 1.8 kg
Power	External	12 V DC
	Internal	8 AA-size alkaline batteries
Certifications	CE, EU Battery Compliance, FCC, IP-67, WEEE, and MCERTS Assembled in the USA	

	Range	Resolution	Accuracy
ROX™ Optical Dissolved Oxygen• % Saturation	0 to 500%	0.1%	0 to 200%: ±1% of reading or 1% air saturation, whichever is greater; 200 to 500%: ±15% of reading
ROX™ Optical Dissolved Oxygen• mg/L	0 to 50 mg/L	0.01 mg/L	0 to 20 mg/L: ± 0.1 mg/L or 1% of reading, whichever is greater; 20 to 50 mg/L: ±15% of reading
Dissolved Oxygen•• % Saturation 6562 Rapid Pulse™ Sensor*	0 to 500%	0.1%	0 to 200%: ±2% of reading or 2% air saturation, whichever is greater; 200 to 500%: ±6% of reading
Dissolved Oxygen•• mg/L 6562 Rapid Pulse™ Sensor*	0 to 50 mg/L	0.01 mg/L	0 to 20 mg/L: ± 0.2 mg/L or 2% of reading, whichever is greater; 20 to 50 mg/L: ±6% of reading
Conductivity••• 6560 Sensor*	0 to 100 mS/cm	0.001 to 0.1 mS/cm (range dependent)	±0.5% of reading + 0.001 mS/cm
Salinity	0 to 70 ppt	0.01 ppt	±1% of reading or 0.1 ppt, whichever is greater
Temperature 6560 Sensor*	-5 to +50°C	0.01°C	±0.15°C

pH 6561 Sensor*		0 to 14 units	0.01 unit	±0.2 unit
ORP		-999 to +999 mV	0.1 mV	±20 mV
Depth	Medium	0 to 200 ft, 61 m	0.001 ft, 0.001 m	±0.4 ft, ±0.12 m
	Shallow	0 to 30 ft, 9.1 m	0.001 ft, 0.001 m	±0.06 ft, ±0.02 m
	Vented Level	0 to 30 ft, 9.1 m	0.001 ft, 0.001 m	±0.01 ft, 0.003 m
Turbidity• 6136 Sensor*		0 to 1,000 NTU	0.1 NTU	±2% of reading or 0.3 NTU, whichever is greater**
Nitrate/nitrogen••••		0 to 200 mg/L-N	0.001 to 1 mg/L-N (range dependent)	±10% of reading or 2 mg/L, whichever is greater
Ammonium/ammonia/nitrogen••••		0 to 200 mg/L-N	0.001 to 1 mg/L-N (range dependent)	±10% of reading or 2 mg/L, whichever is greater
Chloride••••		0 to 1000 mg/L	0.001 to 1 mg/L (range dependent)	±15% of reading or 5 mg/L, whichever is greater
Rhodamine•		0-200 µg/L	0.1 µg/L	±5% reading or 1 µg/L, whichever is greater

• Maximum depth rating for optical probes is 200 feet, 61 m. Turbidity and Rhodamine are available in a Deep Depth option (0 to 200 m). **Anti-fouling** optical probes have depth rating of 200 m.

•• Rapid Pulse is only available on 6920 V2-1 (one optical port version).

••• Report outputs of specific conductance (conductivity corrected to 25° C), resistivity, and total dissolved solids are also provided.

These values are automatically calculated from conductivity according to algorithms found in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (ed 1989).

•••• Freshwater only. Maximum depth rating of 50 feet, 15.2 m.

6600 V2-2 has 3 ISE ports; not available on the 6600V2-4.

**In YSI AMCO-AEPA Polymer Standards.

*Sensors with listed with ETV logo were submitted to the ETV program on the YSI 6600EDS. Information on performance characteristics of YSI water quality sensors can be found at www.epa.gov/etv, or call YSI at 800.897.4151 800.897.4151 for the ETV verification report. Use of ETV name or logo does not imply approval or certification of this product nor does it make any explicit or implied warranties or guarantees as to product performance.

Figuur 2 – YSI karakteristieken

Enkel in Liefkenshoek werd er gebruikt van RCM sonde nummer 65 omdat de YSI uitgevallen was. De AANDERAA SEAGUARD werd tijdens de 13-uursmeting ingezet om tegelijkertijd een ijking van de multiparametersondes van het WL te organiseren, dit door drie toestellen naast elkaar te laten meten. Dit betreft de AANDERAA toestellen 65, 587 en 588 waarvan de eerste beschouwd wordt als zijnde de meest relevant te gebruiken. *Onderstaande Figuur 3* illustreert de karakteristieken van het toestel.

Specifications

D368 - January 2009

Top-end Plate capability:	Up to 6 sensors can be fitted onto the Top-end Plate, of which 4 can be analog sensors (0-5V)
Recording System:	Data Storage on SD card
Storage Capacity:	≥ 4GB
Battery:	
Alkaline 3988:	9V, 15Ah (nominal 12.5Ah; 20W down to 6V at 4°C)
or Lithium 4002:	7V, 30Ah
Recording Interval:	From 2s, depending on the node configuration for each instrument
Recording settings:	Fixed interval settings or Customized Sequence setting
Protocol:	AiCap CANbus based protocol
Depth Capacity:	300m/2000m/6000m
Platform Dimensions:	
300m version (SW):	H: 356mm OD: 139mm
2000m version (IW):	H: 352mm OD: 140mm
6000m version (DW):	H: 368mm OD: 143mm
External Materials:	
300m version:	PET, Titanium, Stainless Steel 316, Durotong DT322 polyurethane
2000/6000m version:	Stainless steel 316, Titanium, OSNI SIL, Durotong DT322 polyurethane
Weight:	In Air In Water
300m version (SW):	7.6 kg 2.0 kg
2000m version (IW):	14.8 kg 8.5 kg
6000m version (DW):	15.7 kg 10.5 kg
Supply Voltage:	6-14 Volts
Operating Temperature:	-5 to +50°C

ZPulse™ Doppler Current Sensor (DCS) Specifications

Current Speed:	(Vector averaged)
Range:	0-300 cm/s
Resolution:	0.1 mm/s
Mean Accuracy:	± 0.15 cm/s
Relative:	± 1% of reading
Statistic variance (std)	0.3 cm/s (ZPulse mode), 0.45 cm/s ¹⁾
Current Direction:	
Range:	0 - 360° magnetic
Resolution:	0.01°
Accuracy:	±5° for 0-15° tilt ±7.5° for 15-35° tilt
Tilt Circuitry:	
Range:	0-35°
Resolution:	0.01°
Accuracy:	±1.5°
Compass Circuitry:	
Resolution:	0.01°
Accuracy:	±3°
Acoustics:	
Frequency:	1.9 to 2.0 MHz
Power:	25 Watts in lms pulses
Beam angle (main lobe):	2°
Installation distance:	
From surface:	0.75m
From bottom:	0.5m
Accessories Included:	SEAGUARD Studio SD card: 512 MB Alkaline Battery 3988 Documentation on CD



Optional Accessories:	Carry handle 4132,4032,3965
Mooring frame:	In-line 4044 ²⁾ /3824A Bottom 3448R Protecting Rods 3783 Sub-surface floats 2211,2212
Battery:	Internal Lithium 4002 Internal Alkaline 3988 Internal Battery Shell 4513 Electrical terminal 4810,4618 AC/DC adapter with cable 4497 Real Time licence and collector 4715 Offline Configuration 4811 Analog cable/license 4564/4802 Maintenance Kit 3813/3813A Tools kit 3986A Vane Plate 3781,3681 Hardcopy Documentation

Optional Sensors:

Temperature Sensor 4060

Range:	-4-36°C (32-96.8°F) ³⁾
Resolution:	0.001°C (0.0018°F)
Accuracy:	±0.03°C (0.054°F)
Response Time (63%):	< 2 seconds

Conductivity Sensor 4319/4319IW

Range:	0-7.5 S/m
Resolution:	0.0002 S/m
Accuracy	
4319 A/AIW:	±0.005 S/m
4319 B/BIW:	±0.0018 S/m
Response Time:	<3s ⁴⁾

Wave and Tide Sensor 4648A

Pressure:	Range:	0-400kPa (0-58psia)
	Resolution :	<0.002% FSO
	Accuracy:	±0.04% FSO
Wave:	Sampling rate:	2Hz, 4Hz
	Number of samples:	256,512,1024,2048

Pressure Sensor 4117

Resolution:	<0.002% FSO
Accuracy:	±0.04° FSO
4117A Range:	0 - 1000kPa (0 - 145 psia) ⁴⁾
4117B Range:	0 - 4000kPa (0 - 580 psia)
4117C Range:	0 - 10000kPa (0 - 1450 psia) ⁴⁾
4117D Range:	0 - 20000kPa (0 - 2900 psia)
4117E Range:	0 - 40000kPa (0 - 5800 psia) ⁴⁾
4117F Range:	0 - 60000kPa (0 - 8700 psia)

Turbidity Sensor 4112

0-5V Analog Output	
4112 Range:	0-25 FTU
4112A Range:	0-125 FTU
4112B Range:	0-500 FTU
4112C Range:	0-2000 FTU ⁶⁾

Oxygen Optode 4330

Measurement Range:	O2-Concentration	Air Saturation
	0 - 500 µM	0 - 150%
Resolution:	< 1 µM	0.4 %
Accuracy:	<8 µM or 5% ⁷⁾ whichever is greater	<5 % ⁸⁾

Response Time (63%):	4330F (with fast response foil) <8 sec
	4330 (with standard foil) <25 sec

1) Based on 300 pings

2) In-line Mooring Frame 4044: breaking strength 800 kg

3) Extended range available on request.

4) Available on request

5) Dependent on flow through cell bore

6) Sensor is non-linear above 750 FTU

7) Requires salinity compensation for salinity < 1mS/cm

8) Within calibrated range 0-120%

Figuur 3 – AANDERAA Seaguard karakteristieken

2.3.3. Waterpomp

De watermonsters werden genomen met een waterpomp, namelijk een Calpeda CA zelfaanzuigende vloeistofringpomp van het type cam 80 E versie B-CA met bronzen behuizing en impeller. De motor is IP54 gekeurd. Figuur 7 toont de Calpeda waterpomp op een betonplexplaat van 50cm30cmx1,8cm met een 'BACO' schakelaar, IP66 gekeurd (rode draaiknop in een geel deksel op een lichtgrijze behuizing).

De doorlooptijd van de pompstalen door de gebruikte darm van 30 m was van ongeveer 23 seconden.



Figuur 4 – Waterpomp

2.3.4. GPS

Enkel in Liefkenshoek (25/06/2013) werd er een GPS signaal tegelijkertijd ingewonnen met het ADCP signaal en in reële tijd eraan gekoppeld. Het toestel was een VS111 GPS Compass Vector Hemisphere. De specificaties van dit toestel zijn in de opname van de productfiche hieronder in *Figuur 5* te vinden.

VS101 and VS111 GPS Compass	
GPS Sensor Specifications	
Receiver Type:	L1, C/A code, with carrier phase smoothing
Channels:	Two 12-channel, parallel tracking (Two 10-channel when tracking SBAS)
SBAS Tracking:	2-channel, parallel tracking
Update Rate:	Standard 10 Hz, optional 20 Hz (position and heading)
Horizontal Accuracy:	< 0.02 m 95% confidence (RTK ¹) < 0.6 m 95% confidence (DGPS ¹) < 2.5 m 95% confidence (autonomous, no SA ²)
Heading Accuracy:	< 0.30° rms @ 0.5 m antenna separation < 0.15° rms @ 1.0 m antenna separation < 0.10° rms @ 2.0 m antenna separation
Pitch / Roll Accuracy:	< 1° rms
Heave Accuracy:	30 cm
Timing (1PPS) Accuracy:	50 ns
Rate of Turn:	90°/s maximum
Cold Start:	< 60 s typical (no almanac or RTC)
Warm Start:	< 20 s typical (almanac or RTC)
Hot Start:	< 1 s typical (almanac, RTC and position)
Heading Fix:	< 10 s typical (valid position)
Antenna Input Impedance:	50 Ω
Maximum Speed:	1,850 kph (999 kts)
Maximum Altitude:	18,288 m (60,000 ft)
Beacon Sensor Specifications (VS111 version)	
Channels:	2-channel, parallel tracking
Frequency Range:	283.5 to 325 kHz
Operating Modes:	Manual, automatic and database
Compliance:	IEC 61108-4 beacon standard
Communications	
Serial ports:	2 full-duplex RS-232
Baud Rates:	4800 - 115200
Correction I/O Protocol:	RTCM SC-104, L-Dif ³ , RTK ³
Data I/O Protocol:	NMEA 0183, Crescent binary ³ , L-Dif ³ , RTK ³
Timing Output:	1PPS (HCMOS, active high, rising edge sync, 10 kΩ, 10 pF load)
Event Marker Input:	HCMOS, active low, falling edge sync, 10 kΩ
Environmental	
Operating Temperature:	-30°C to +70°C (-22°F to +158°F)
Storage Temperature:	-40°C to +85°C (-40°F to +185°F)
Humidity:	95% non-condensing
Shock and Vibration:	EP 455
EMC:	FCC Part 15, Subpart B, CISPR22, CE
Power	
Input Voltage:	9 to 36 VDC
Power Consumption:	4.1 W nominal
Current Consumption:	340 mA @ 12 VDC nominal
Power Isolation:	Isolated power supply
Antenna Voltage:	5 VDC nominal
Antenna Short Circuit	
Protection:	Yes
Antenna Gain Input Range:	10 to 40 dB
Antenna Input Impedance:	50 Ω
Mechanical	
Dimensions:	18.9 L x 11.4 W x 7.1 H (cm) 7.4 L x 4.5 W x 2.8 H (in)
Weight:	0.86 kg (1.9 lb)
Status Indication:	Power, primary GPS lock, secondary GPS lock, DGPS lock, and heading lock
Power Switch:	Miniature push-button
Power Connector:	2-pin, micro-Connall
Data Connectors:	DB9-female (x2)
Antenna Connectors:	TNC-female (x2)
Aiding Devices	
Gyro:	Provides smooth heading, fast heading reacquisition and reliable < 1° heading for periods up to 3 minutes when loss of GPS has occurred
Tilt Sensors:	Assists in fast start-up of heading solution

Figuur 5 – V111 Vector Hemisphere GPS specificaties

Het signaal van deze GPS werd aan boord van de Scheldewacht II gemeten via het ingebouwde Septentrio receiver en in reële tijd gekoppeld aan de ADCP data. Onderstaande fiche beschrijft de karakteristieken van het gebruikte receiver toestel.

MGB DUO RTK GPS+Heading receiver



MGB-Tech's RTK-GPS solution is based on Septentrio's AsteRx2e platform. It is build to be a one box solution. It incorporates a UHF radio, lithium-polymer battery and charger. The radio is programmable over a wide frequency range (406-470 MHz). It also has a wide input DC power supply (10-30 VDC). The four RS-232 ports are implemented with standard D-sub connectors for easy use.

Figuur 6 – Septentrio GPS specificaties

Bij alle andere locaties werd een handheld GPS 60Cx van Garmin gebruikt om de positie van de ADCP op te volgen. De ADCP ABS signaal werd met de GPS signaal gekoppeld in postprocessing met behulp van ViSea DAS. Zie onderstaande figuur voor de specificaties van dit toestel. De koppelingsprocedure van het ADCP met de GPS werd uitgelegd in de volgende instructie [I-WL-PP33-X ADCP-GPS koppeling onder ViSea](#).

APPENDIX

Specifications

Physical

Size: 6.1" H x 2.4" W x 1.3" D

Weight: 7.5 ounces (213 g) w/batteries installed.

Display: 1.5" W x 2.2" H, 256-color, high resolution, transreflective (160 x 240 pixels) with backlighting.

Case: Rugged, fully gasketed, water resistant, IEC-529, IPX7

Temp Range: 5 to 158°F (-15 to 70°C)*

*The temperature rating of the GPSMAP 60Cx may exceed the usable range of some batteries. Some batteries can rupture at high temperatures.

Performance

Receiver: WAAS/EGNOS enabled

Acquisition Times*:

Approx. 1 second (warm start)

Approx. 38 seconds (cold start)

Approx. 45 seconds (factory reset)

*On average for a stationary receiver with an open skyview.

Update Rate: 1/second, continuous

Antenna: Built-in quad helix, remote antenna capability.

Power

Source: Two 1.5 volt AA batteries, USB Data Cable, 12 Volt DC Adapter Cable, or up to 36 Volt DC external power

Battery Life: Up to 18 hours (typical use)*

*Alkaline batteries lose a significant amount of their capacity as the temperature decreases. Extensive use of screen backlighting, electronic compass, and audible tones significantly reduce battery life.

Accuracy

GPS: <10 meters (33 feet) 95% typical*

*Subject to accuracy degradation to 100m 2DRMS under the U.S. DoD imposed Selective Availability (SA) Program when activated

DGPS: 3-5 meters (10-16 feet) 95% typical*

*WAAS accuracy in North America

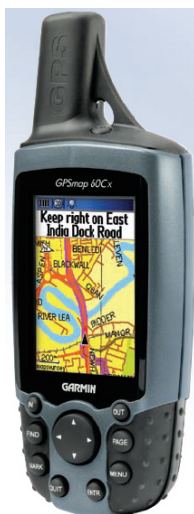
Velocity: 0.05 meter/sec steady state

Interfaces: NMEA 0183 version 2.3, and RS-232 and USB for PC interface

Data Storage Life: Indefinite; no memory battery required

Map Storage: Dependant on the capacity of the microSD Card.*

*A small portion of the card capacity has been used in formatting the card for use.



Figuur 7 – GPS Garmin 60 Cx specificaties

2.4. ADCP echo intensiteit omzetten naar absolute backscatter signaal

De ADCP meet onrechtsreeks de sedimentconcentratie door een ultrasone golf met gekende golflengte in het water te sturen en de door de deeltjes in suspensie teruggekaatste echo te meten. Twee voor elke meetapparaat specifieke parameters dienen om het ruw ontvangen signaal (Received Signal Strength Indicator of RSSI) om te zetten naar een absoluut backscatter signaal (ABS). Dit zijn de RSSI “scale factor” (K_c) en de “Real Time Reference Level” (E_r). De ADCP echo (E) wordt gemeten in “counts” (cnt) en wordt omgezet naar dB aan de hand van de K_c , die het aantal dB per cnt aangeeft, en aan de hand van de E_r (cnt), die de RSSI niveau weergeeft als er geen signaal optreedt. De volgende formule illustreert de berekening,

$$ABS = (E - E_r) \cdot K_c$$

2.5. Maximum ADCP bereik

Het teruggekaatste ADCP-signaal wordt verstoord door de echo van de bodem of het wateroppervlak (RD Instruments, 1989) wanneer de meting respectief van oppervlakte naar bodem of omgekeerd uitgevoerd wordt. Met andere woorden wordt het signaal van de bodem of de waterspiegel sterk genoeg om het signaal van de deeltjes te storen. Het maximum bereik van een ADCP meting wordt gegeven door volgende verhouding,

$$R_{\max} = D \cdot \cos(\theta)$$

Waarin,

R_{\max} = Beduidend (?) meetbereik

D = Afstand tussen ADCP transducer en bodem (of wateroppervlakte naargelang de meetrichting)

θ = Hoek van de meet beam

2.6. Normalisatie van de transmissiekracht en de lengte

Bij metingen waarbij het ADCP toestel gevoed wordt door een batterij, moet men rekening houden met de afname van het vermogen en, dus, de transmissiekracht (TK)(Wall, Nystrom, & Litten, 2006). De volgende verhoudingen laten toe om een correctie factor te berekenen voor de emissie intensiteit (EI),

$$TK = (TS \times 0,011451) \times (TV \times 0,380667)$$

Waarin,

TS = Transmissiestroom

TV = Transmissievoltage

De EI waarden worden vermenigvuldigd door een TK_n factor om de transmissiekracht te relateren aan een bepaalde referentie kracht. Bijvoorbeeld, voor een referentie van 25 Watts,

$$TK_n = \frac{25}{TK}$$

Eveneens, bij metingen waarbij de ADCP gevoed wordt met een generator, zouden de signalen gestandaardiseerd moeten worden voor een gegeven transmissiekracht uitgedrukt in W en voor een bepaalde K_c . Dit, bijvoorbeeld voor de respectievelijke standaardwaarden van 25 W en 47 cnt. De EI moeten worden vermenigvuldigd met een transmissielengte normalisatiefactor (TL_n). De transmissielengte kan geëxporteerd worden van de ruwe ADCP lezingen. Het komt bijvoorbeeld in RDI Winriver overeen met de "transmit" parameter in de ASCII Output Wizard. Het kan ook geproduceerd worden voor elk ensemble van een track met behulp van de software BBConv van RDI als de data met Winriver werd gemeten. Om het gemeten signaal vergelijkbaar te maken met een signaal van 47 cnts moet de volgende normalisatiefactor berekend worden,

$$TL_n = \frac{47}{TL}$$

2.7. Stroomsnelheidscorrecties aan de hand van saliniteit schattingen

Naargelang de multiparametersonde die de conductiviteit meet, kunnen de meeteenheden variëren. Maar meestal zijn die mS/cm of μ S/cm. Die reeksen worden omgezet naar PSU met de SAL78 verhouding ongeacht de saliniteit van de locatie. Ter herinnering, de SAL78 (D. P. van Santen, 2011; UNESCO, 1981) is enkel nauwkeurig boven de 2 mS/cm want deze verhouding werd afgeleid voor zoute- tot brakke watervoorwaarden.

2.8. ADCP afgeleide sedimentconcentratie in suspensie

De continue SSC kan indirect gemeten worden door het ADCP backscatter signaal (Deines, 1999; Jeffrey W. Gartner (U.S. Geological Survey, 2002; Kim & Voulgaris, 2003; Lohrmann, 2001; MOURAENKO, 2004; D. P. van Santen, 2011; Thorne, Vincent, Hardcastle, Rehman, & Pearson, 1991; Urick, Knudsen, Richardson, Sewell, & Epstein, 1948; Wall et al., 2006). Hiervoor dient de correlatie tussen het absolute backscatter signaal (ABS) en de sediment concentratie berekend te worden door gebruik te maken van de SSC van de genomen watermonsters. Die laatste worden op drie verschillende dieptes genomen, waarbij de visuele spreiding van de backscatter als leidraad genomen wordt.

Elke ADCP meettrack dient met SSC stalen gecorreleerd te worden om een lineaire regressie tussen de twee parameters op te stellen en hiervan dan het SSC-profiel tijdens de ganse vaart te berekenen. De lineaire regressie is berekend op een iteratieve wijze. Voor elke regressie worden benaderde waarden van de R^2 en de constante parameters van het logaritme van de SSC in functie van de ABS berekend. De verhouding is gegeven door de volgende functie.

$$\log(SSC(mg/l)) = a + b \cdot ABS(dB) + c \cdot ABS^2(dB)$$

Waarin,

a en b constanten zijn en c nul is.

Dit komt overeen met de volgende lineaire functie,

$$\log(SSC(mg/l)) = a + b \cdot ABS(dB)$$

De helling en intercept van deze lineaire regressie wordt dan gebruikt om de verhouding tussen ADCP ABS en ADCP SSC te verbeteren aan de hand van de waterstalen SSC.

De nauwkeurigheid van die benaderde lineaire verhouding hangt ook af van het ADCP toestel waarmee de metingen uitgevoerd werden aangezien dat de RSSI toestel gebonden is. De standaard waarden van RSSI (= 0,43) voor elke beam en Er (= 40) werden voor deze studie gebruikt.

De backscatter intensiteit vermindert in functie van de diepte. De oorzaken van intensiteit verlies zijn de akoestische spreiding, de water absorptie en de sediment absorptie. Die verlies termen werden verbeterd. De korrelgrootteverdeling speelt ook een rol op het absorptie vermogen van het sediment in suspensie (Fettweis, Francken, Pison, & Van den Eynde, 2006; Landers, 2010; Sassi, Hoitink, & Vermeulen, 2012). Één enkele verdeling kan gebruikt worden voor de berekening van één bepaalde regressie tussen ADCP ABS en watermonsters SSC.

De stroomsnelheid kan een sterke afwijking van de gemeten SSC veroorzaken (Merckelbach, 2006) tot een factor 60. Voor deze mogelijke afwijking wordt niet gecorrigeerd in het gehanteerde software pakket ViSea© van AQUAVISION©. Dit dient nog verder onderzocht te worden.

De invloed van turbulentie op de nauwkeurigheid van de metingen is zeer hoog. Storingen tijdens de metingen die waargenomen werden op het terrein worden gelogd en nagekeken in postverwerking. De ViSea© software pakket laat toe om beduidende ABS afwijkingen manueel te verwijderen en desnoods te interpoleren waar er data ontbreekt.

2.9. Het debiet en zijn normalisatie

Het debiet werd gemeten door ADCP metingen uit te voeren op dwarsraaien. De gemeten stroomsnelheden werden vermenigvuldigd met de natte dwarsdoorsnede om de debieten te berekenen. De metingen werden ter referentie geprojecteerd op een raai (Zie onderstaande Tabel 5 voor coördinaten).

Tabel 4 – Referentie coördinaten van de gemeten dwarsraaien

WGS 84 UTM 31N				
Meting locaties	Begin raai		Eind raai	
	Breedte	Lengte	Breedte	Lengte
Schoonaarde	570730	5650825	570720	5650895
Terhagen	598560	5659360	598456	5659440
Kruikeke	592720	5669374	593040	5669399
Driegoten	582032	5661193	582229	5661175
Oosterweel	595757.2	5677023	595717.2	5677504
Liefkenshoek	590243	5683236	590588	5683942

Het debiet werd genormaliseerd om een vergelijking met historische resultaten mogelijk te maken. De normaliseringsmethodiek werd gecommuniceerd door Leen Dekker van Rijkswaterstaat (1999). Die wordt samengevat door volgende verhouding:

$$Q(V)_n = Q(V)_m * F$$

Met,

$Q(v)_n$ = Genormeerd debiet (getijvolume)

$Q(v)_m$ = Gemeten debiet (getijvolume)

F = Normeringscoëfficiënt = TV_j / TV_m

TV_j = Jaargemiddeld tijverschil van de dichtst bij de meting gelegen waterstandslocatie in het jaar van de meting

TV_m = Gemeten tijverschil van de dichtst bij de meting gelegen waterstands-(hoofd)locatie tijdens de meting. TV_m is gelijk aan het gemiddelde van de tijverschillen tussen het LW van de gemeten dag en de voorgaande en opvolgende hoogwaters.

De nauwkeurigheid van de genormeerde waarde neemt af, naarmate de normeringscoëfficiënt meer afwijkt van de waarde 1. Onder meer om deze afwijking niet te groot te laten worden meten wij zoveel mogelijk bij een matig springtij, het zogenaamde morfologisch getij, met normeringscoëfficiënt $F = 0,91$.

Het WL heeft bovenstaande verhouding nog aangepast door het tienjarige gemiddelde tijverschil van 1991-2000 te gebruiken in plaats van de jaarlijkse. Enkel in Schoonaarde werd de gemiddelde tijverschil van 2001-2010 gebruikt.

Onderstaande *Tabel 6* geeft de waterstanden weer die zijn opgetreden bij elke meting en de kleuren duiden welke tijdzone werd gebruikt tijdens de meting.

Tabel 5 – Tabel van de opgetreden waterstanden tijdens de 13 uursmetingen tussen 2009 en 2013

	2009				2010				2011				2012				2013			
	Begin	Einde	Duur	Waterstanden	Begin	Einde	Duur	Waterstanden	Begin	Einde	Duur	Waterstanden	Begin	Einde	Duur	Waterstanden	Begin	Einde	Duur	Waterstanden
Schoonaarde	7:13	20:02	12:49	HW, LW, HW	6:39	19:00	12:21	HW, LW, HW	7:46	20:27	12:41	LW, HW	8:30	20:13	11:43	HW, LW, HW	8:04	20:05	12:01	LW, HW
Boom	6:58	19:44	12:46	LW, HW	6:19	18:50	12:31	LW, HW	Geen meting											
Terhage	Geen meting								7:34	20:26	12:52	LW, HW	7:07	19:45	12:38	HW, LW, HW	7:56	19:37	11:41	HW, LW, HW
Kruikeke	5:27	18:20	12:53	HW, LW, HW	5:41	18:17	12:36	HW, LW, HW	6:53	19:12	12:19	HW, LW, HW	6:48	20:00	13:12	HW, LW, HW	6:10	19:16	13:05	HW, LW
Oosterweel	7:37	20:29	12:52	LW, HW	6:07	18:51	12:44	LW, HW	4:29	17:15	12:46	HW, LW, HW	7:18	20:41	13:23	LW, HW	5:58	19:06	13:07	LW, HW
Driegoten	7:24	20:20	12:56	LW, HW	5:32	18:27	12:55	HW, LW, HW	7:45	19:40	11:55	LW, HW	6:23	19:07	12:44	HW, LW, HW	7:19	19:15	11:56	LW, HW
Liefkenshoek	5:27	18:31	13:04	HW, LW, HW	5:54	18:53	12:59	LW, HW	5:03	17:42	12:39	HW, LW, HW	5:23	18:57	13:34	HW, LW, HW	6:13	19:24	13:11	LW, HW

AQUAVISION	2009 en 2011 is in MET. 2010 te Kruikeke, Liefkenshoek en Oosterweel zijn in MET+1 (dus locale zomer tijd).
IMDC	MET
WL	MET

2.10. Het rapporteren van de stromingen met ViSea DPS

Elke verticale meting komt er overeen met een enkel ensemble van vier a vijf seconden. *Onderstaande figuren* illustreren de stromingsrichtingen ter hoogte van de dwarsraaien van de 13 uur meetlocaties.



Figuur 8 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Schoonaarde



Figuur 9 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Terhagen



Figuur 10 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Kruibeke



Figuur 11 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Oosterweel



Figuur 12 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Driegoten



Figuur 13 – Referentie positieve stroming hoek bepaling in Liefkenshoek

Onderstaande Tabel 6 geeft een overzicht van de stroomrichtingen die gebruikt werden in ViSea DPS sinds 2012 om onderscheid te maken tussen eb- en vloeddebieten:

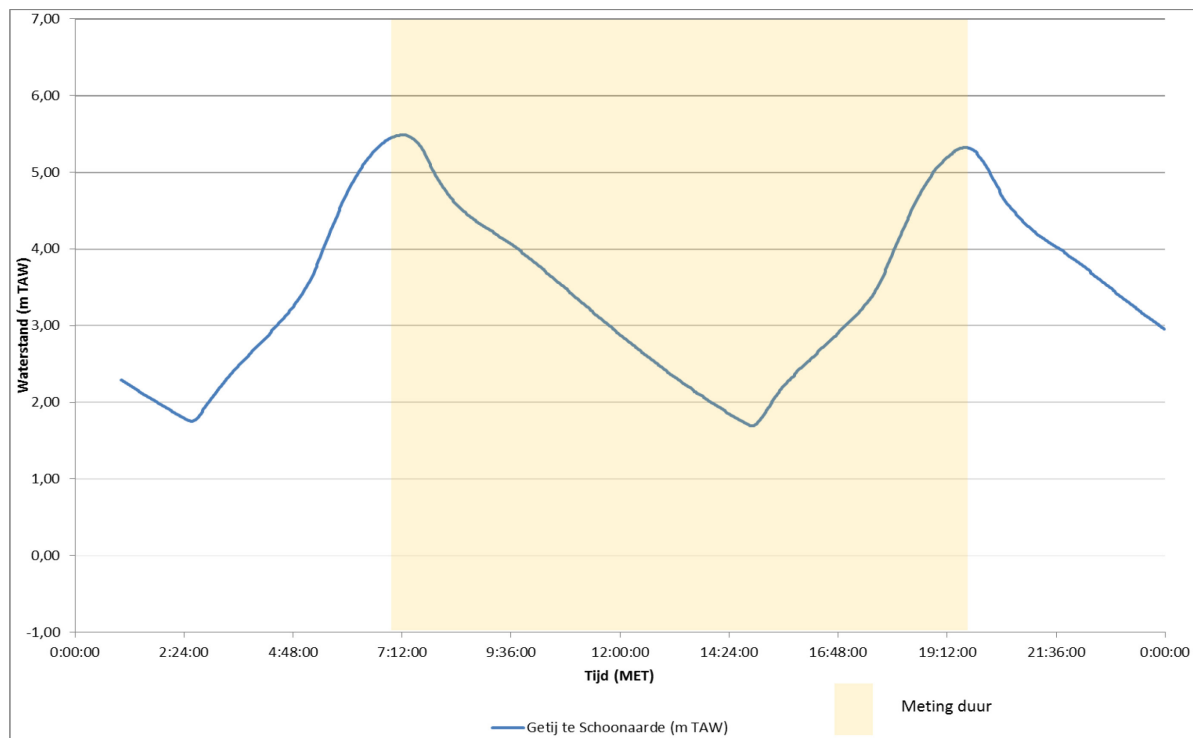
Tabel 6 – Referentie positieve stroomrichtingen

Locatie	Datum	Stromingshoek(°)	
		Eb	Vloed
Schoonaarde	10/04/2012	82.51	262.51
Terhagen	11/04/2012	218.66	38.66
Kruikeke	08/06/2012	356.99	176.99
Oosterweel	05/07/2012	272.03	92.03
Driegoten	20/07/2012	11.6	191.6
Liefkenshoek	07/08/2012	297.05	117.05

2.11. De getijen

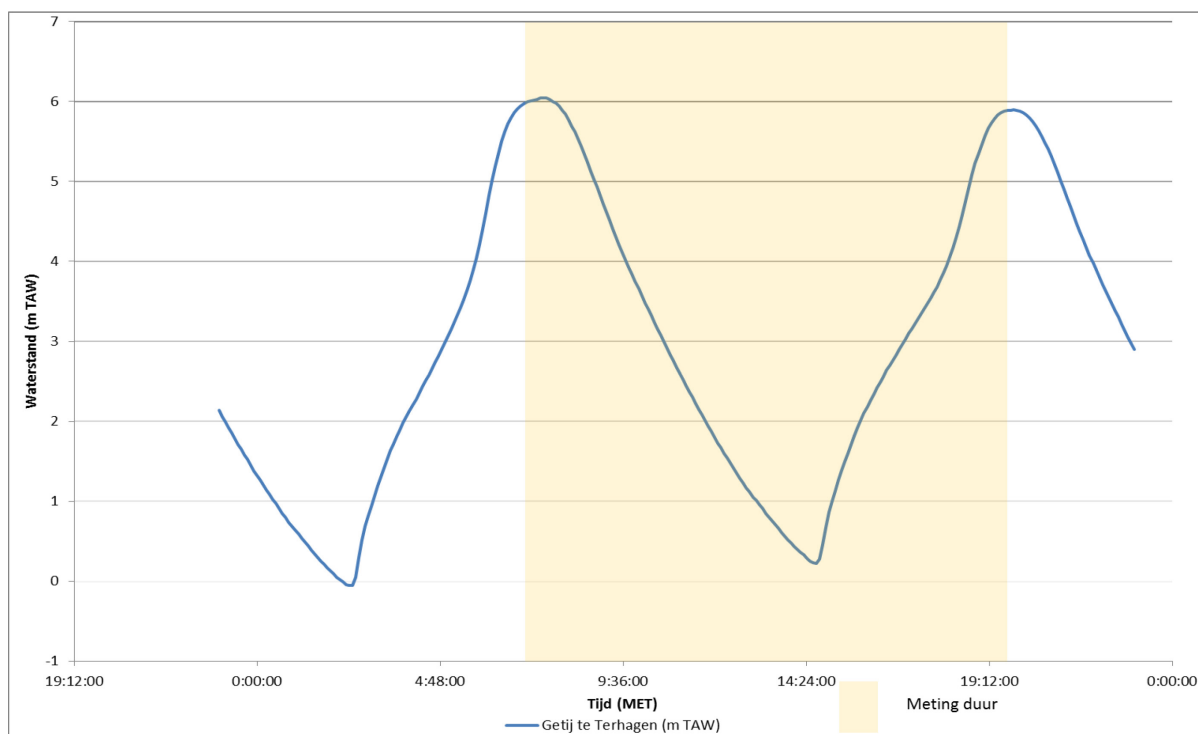
Onderstaande *getijkrommen* tonen de waterstandsevolutie tijdens de meting. De doorzichtig gekleurde rechthoek toont de periode van het getij dat bemeten is geweest.

2.11.1. Het getij te Schoonaarde op 27/05/2013



Figuur 14 – Het getij te Schoonaarde op 27/05/2013

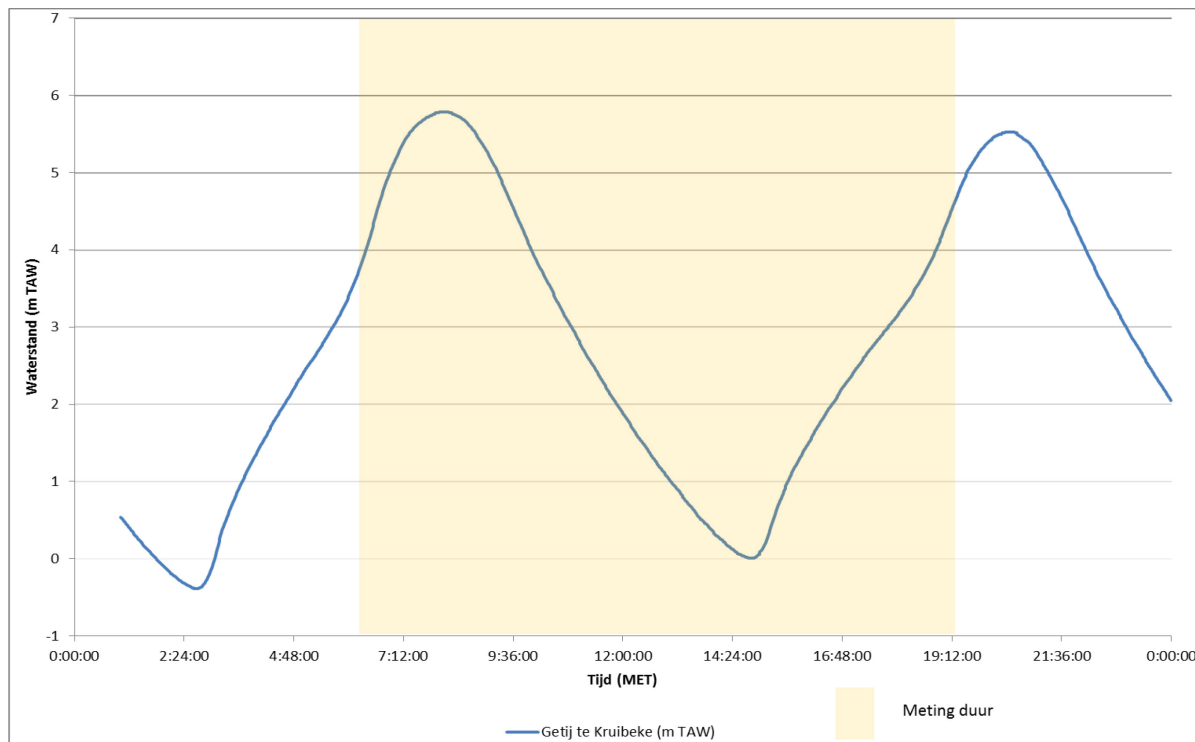
2.11.2. Het getij te Terhagen op 29/05/2013



Figuur 15 – Het getij te Terhagen op 29/05/2013

2.11.3. Het getij te Hemiksem op 30/05/2013

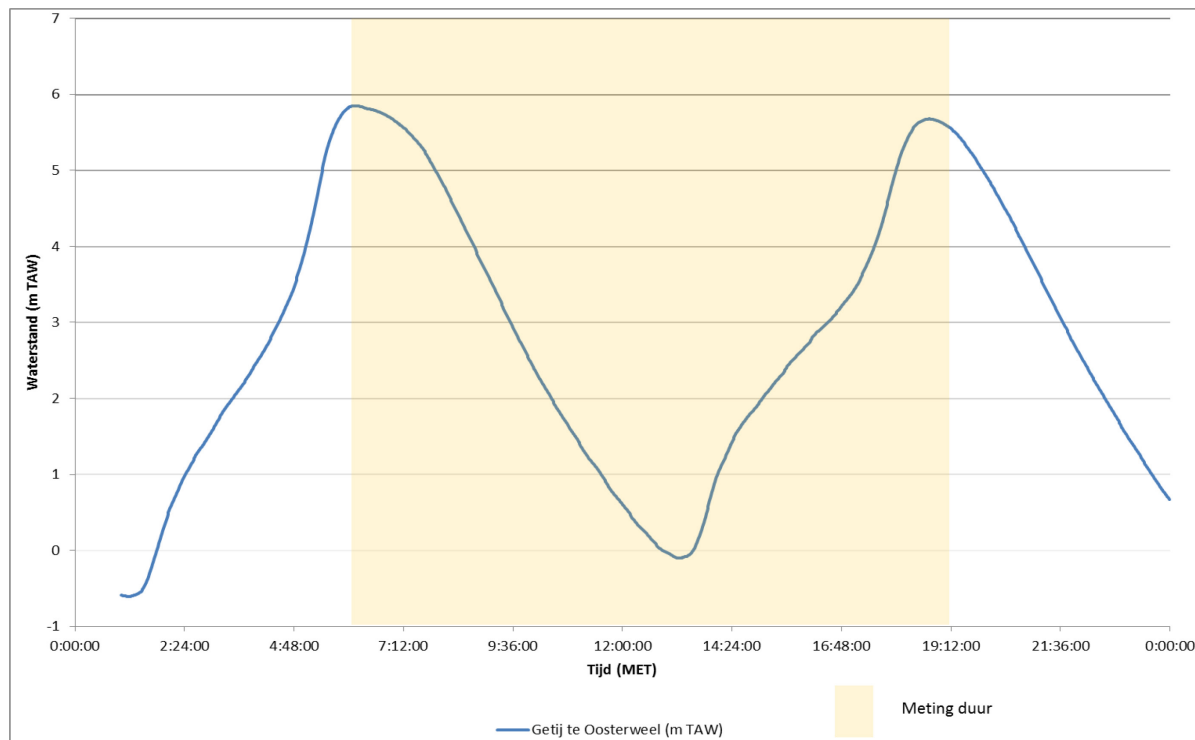
Het getij van Hemiksem wordt voorgesteld voor de meting uitgevoerd te Kruibeke. De twee locaties liggen tegenover elkaar op nagenoeg dezelfde afstand van de Scheldemonding in Vlissingen.



Figuur 16 – Het getij te Hemiksem op 30/05/2013

2.11.4. Het getij ter hoogte van het Loodsgebouw op 27/06/2013

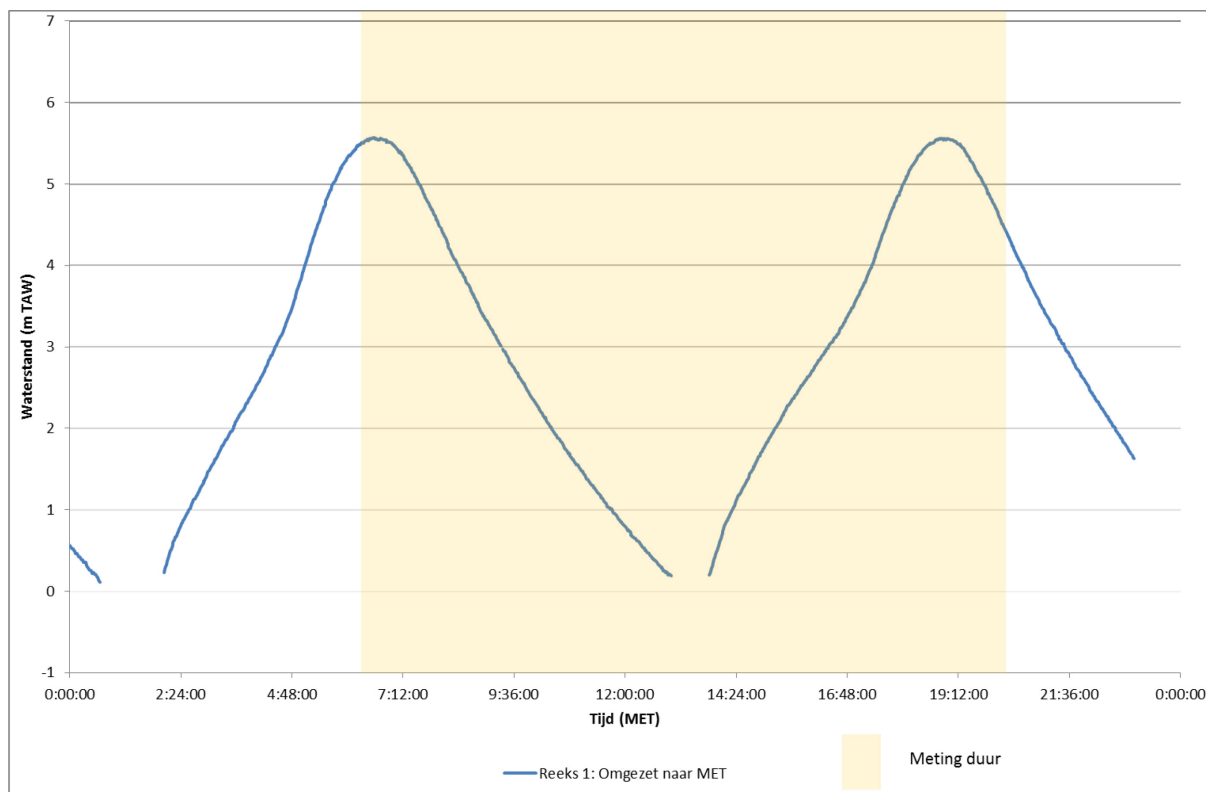
Het getij van het Loodsgebouw wordt voorgesteld in plaats van het getij te Oosterweel. Het Loodsgebouw is de dichtstbijzijnde meetpost ten opzichte van Oosterweel.



Figuur 17 – Het getij ter hoogte van het Loodsgebouw op 27/06/2013

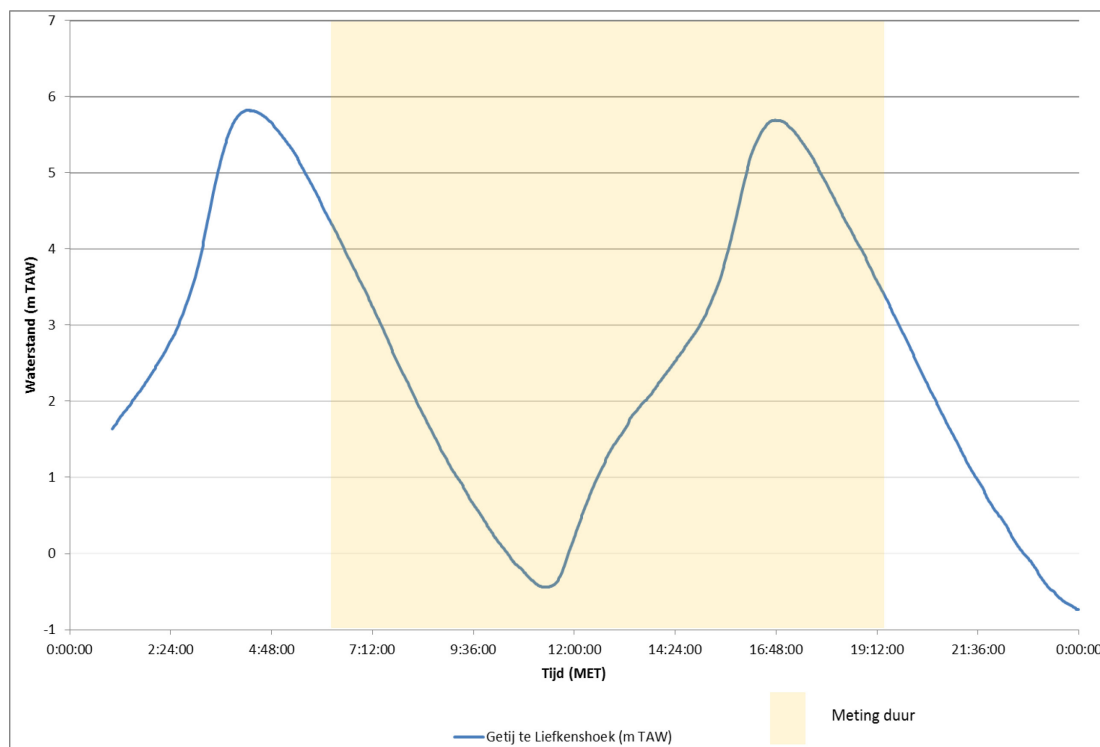
2.11.5. Het getij te Temse op 12/06/2013

Het getij van Temse wordt voorgesteld voor de meting uitgevoerd te Driegoten.



Figuur 18 – Het getij te Temse op 12/06/2013
(door een verstopte buis kon de laagwaterstand niet correct worden opgemeten)

2.11.6. Het getij te Liefkenshoek op 25/06/2013



Figuur 19 – Het getij te Liefkenshoek op 25/06/2013

3. Resultaten

3.1. Stromingen

De met ViSea DPS geproduceerde stromingsfiguren staan op volgende netwerk locaties.

Schoonaarde:

P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2013\20130527_SCHOONAARDE_Veremans\Debiet\Figuren\VISA10Transect

Terhagen:

\\WM162408\PROJECTEN\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2013\20130529_TERHAGEN_Veremans\Debiet\Figuren\BT_Ref\VISA10Transect

Kruikeke:

P:\13_086-MONEOSvollety\9_Rapportering\2013\20130530_KRUIKEKE_Veremans\Debiet\Figuren\BT_Ref

Driegoten:

P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2013\20130612_DRIEGOTEN_ScheldewachtII\Debiet\Figuren\VISA10Transect

Liefkenshoek:

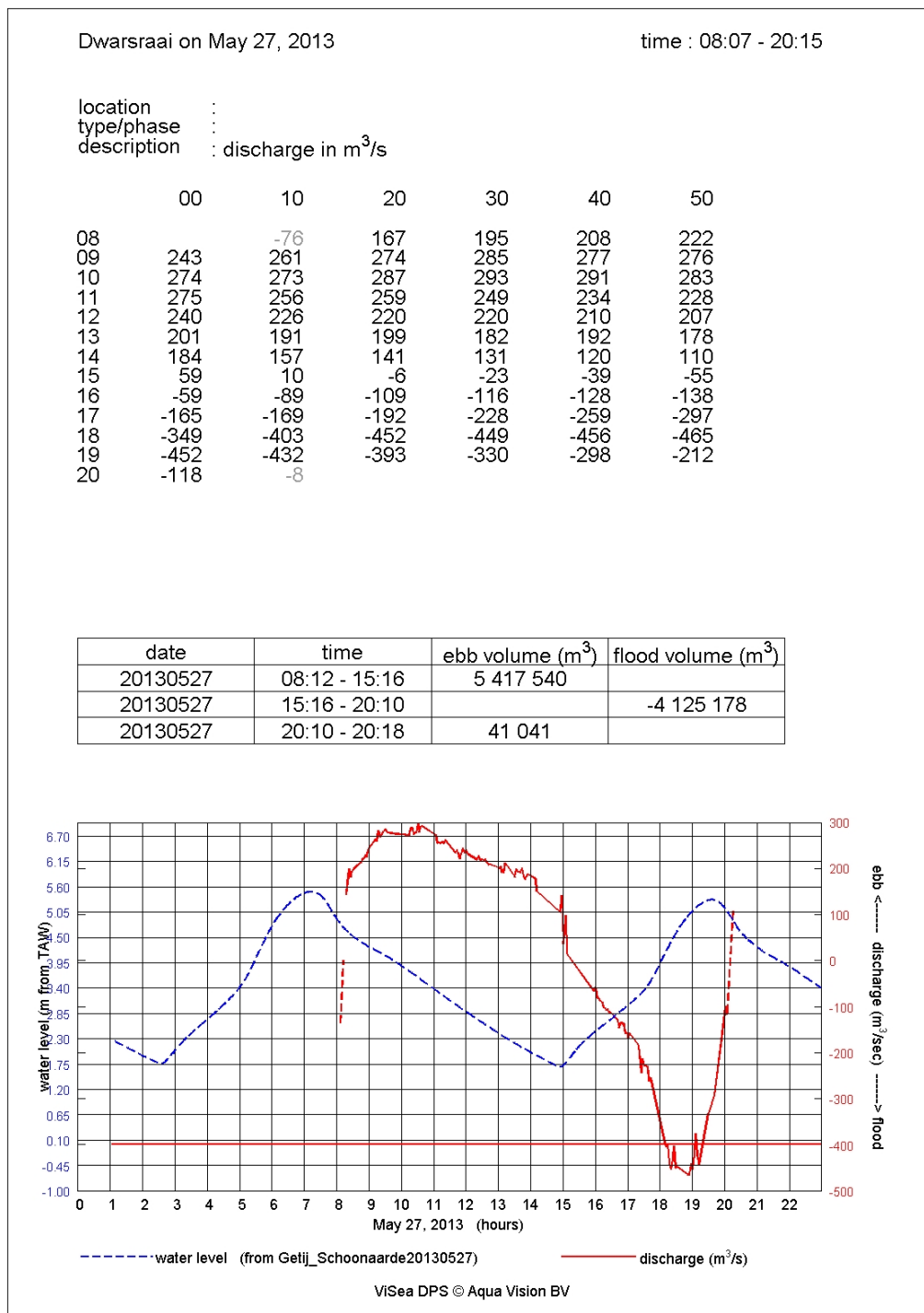
P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2013\20130625_LIEFKENSHOEK_ScheldewachtII\Debiet\Figuren\VISA10Transect

Oosterweel:

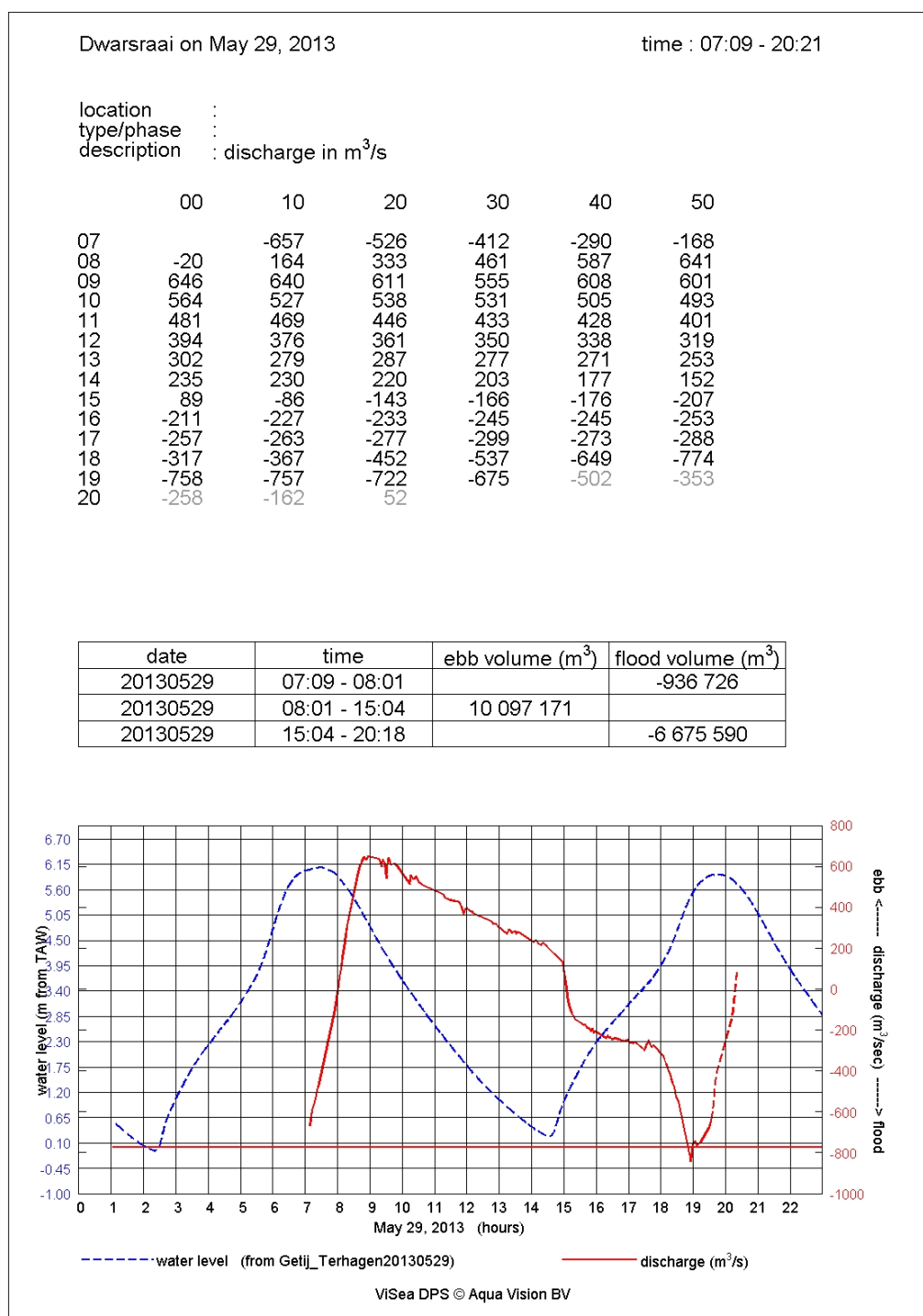
P:\13_086-
MONEOSvollety\9_Rapportering\2013\20130627_OOSTERWEEL_ScheldewachtII\Debiet\Figuren\VISA10Transect

3.2. Debiet

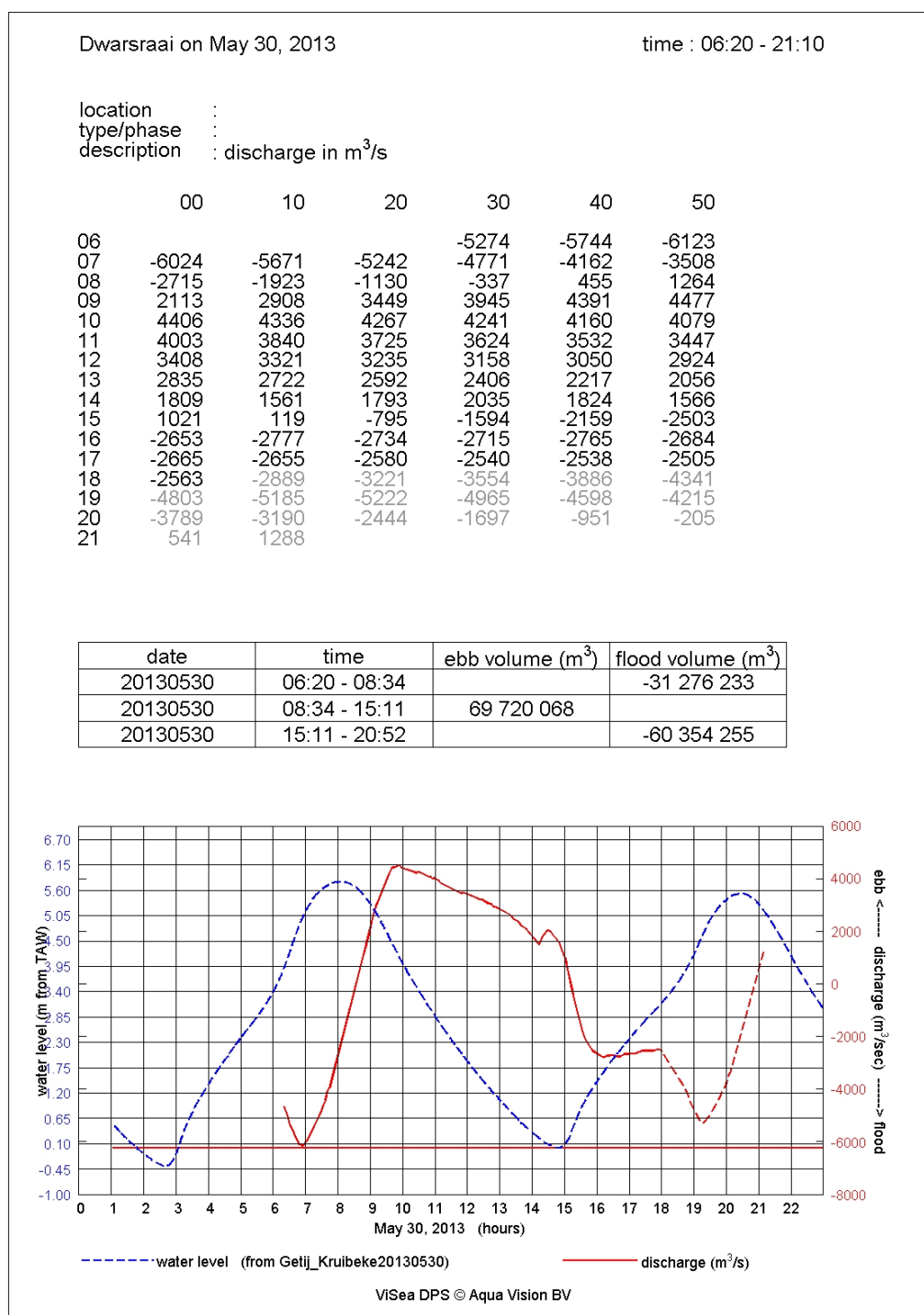
Onderstaande ViSea DPS "ViSea 10 Discharge" figuren illustreren het debietverloop tijdens de verschillende metingen van 2013.



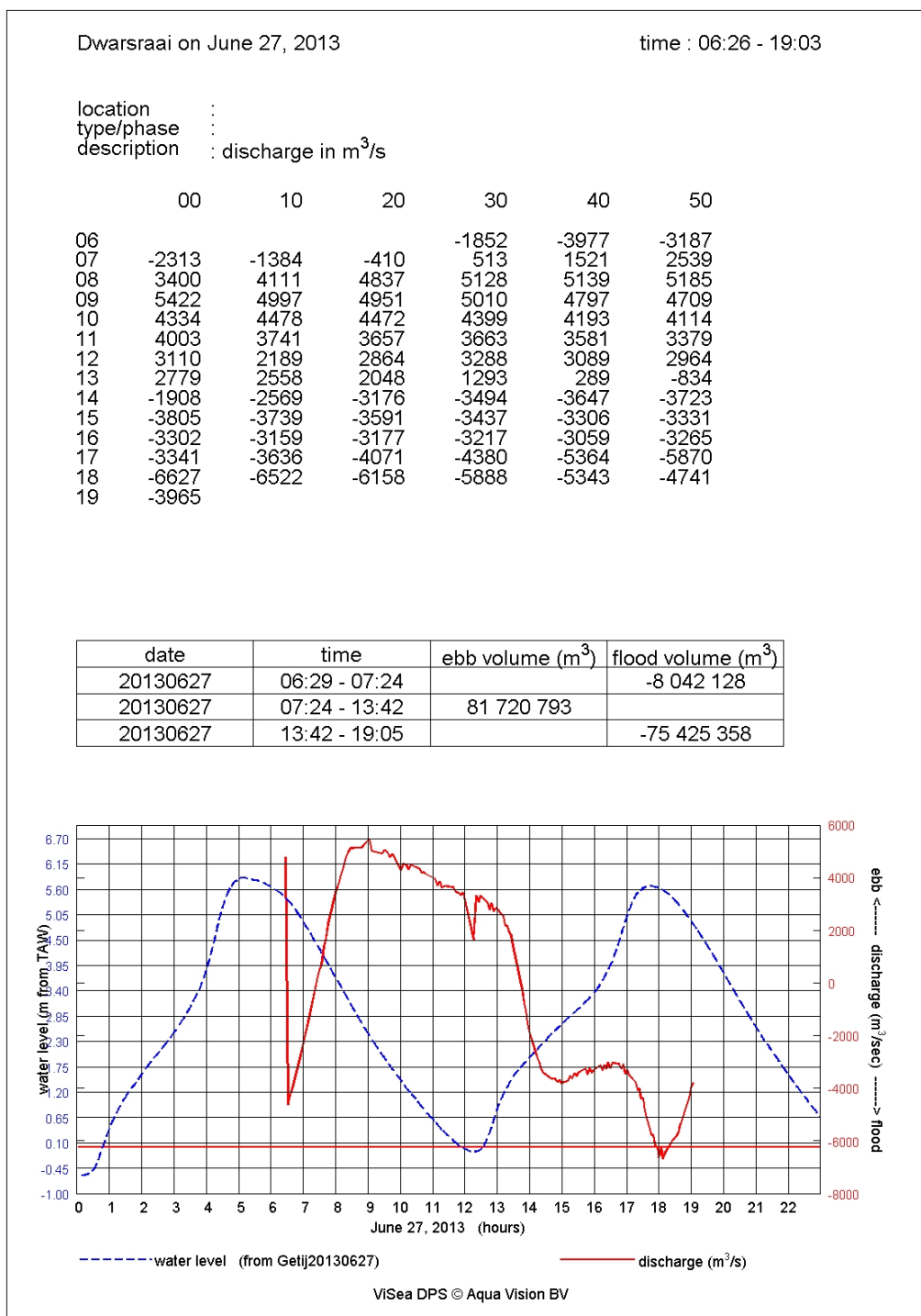
Figuur 20 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Schoonaarde op 27/05/2013



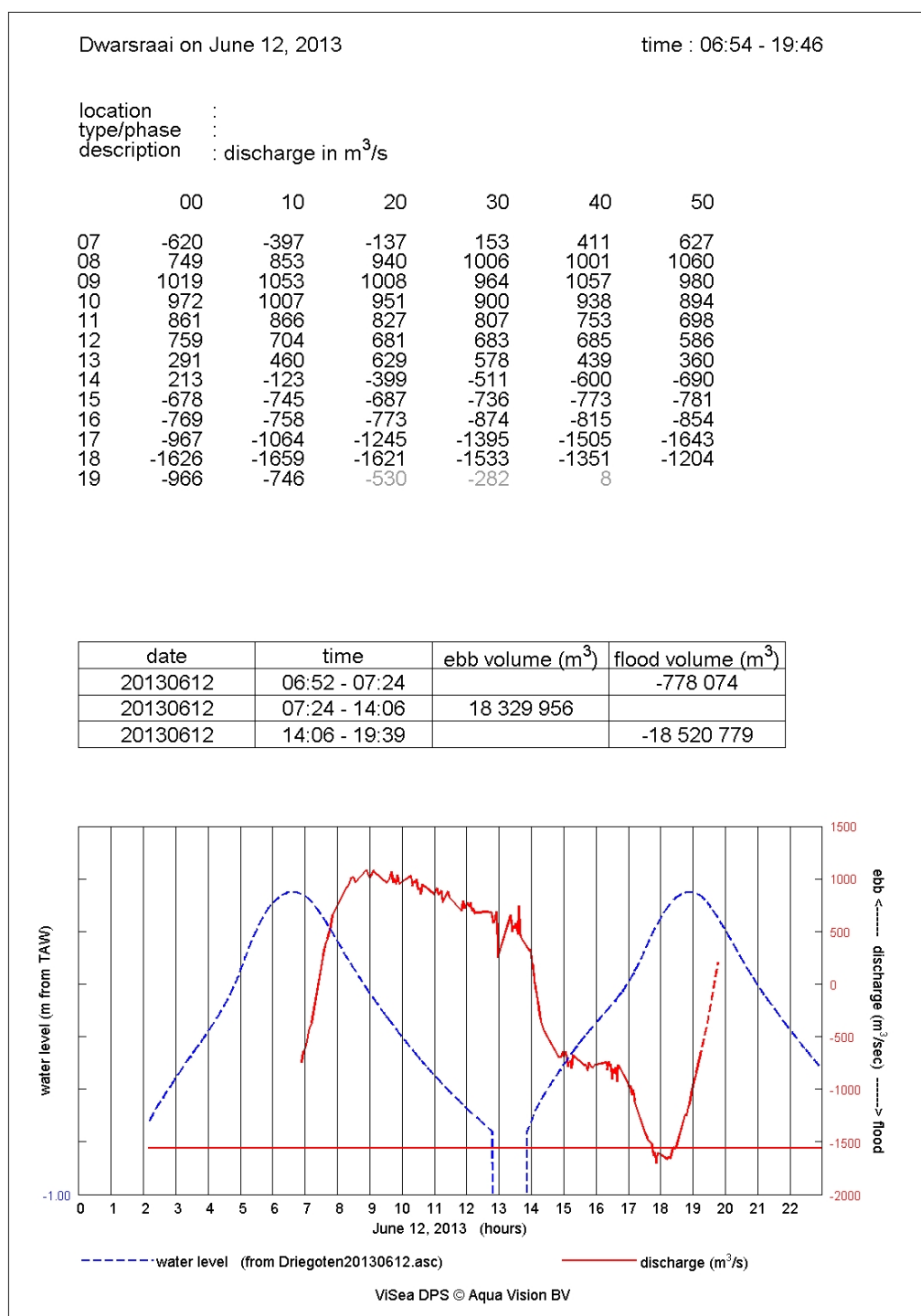
Figuur 21 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Terhagen op 29/05/2013



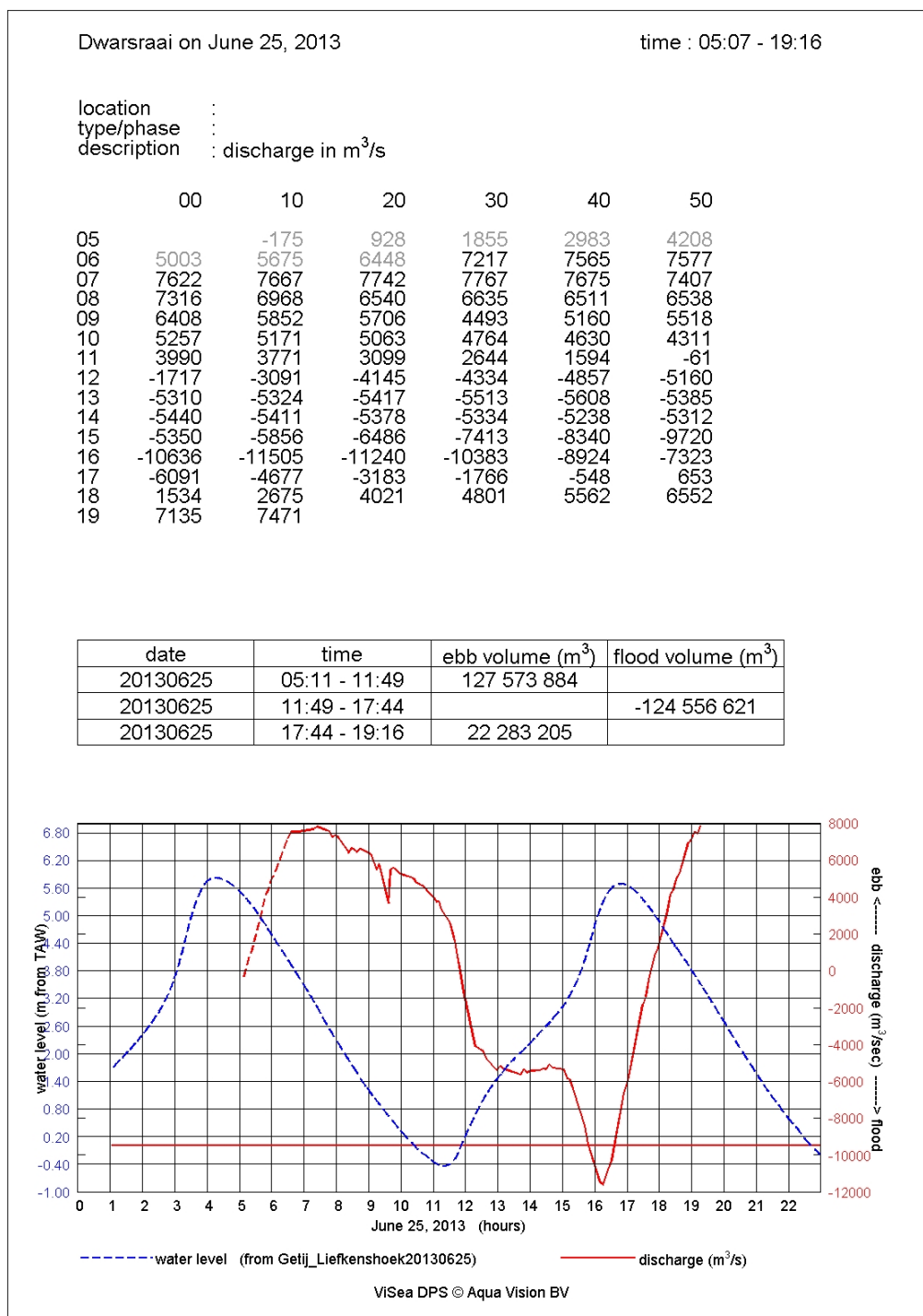
Figuur 22 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Kruikebe op 30/05/2013



Figuur 23 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Oosterweel op 27/06/2013

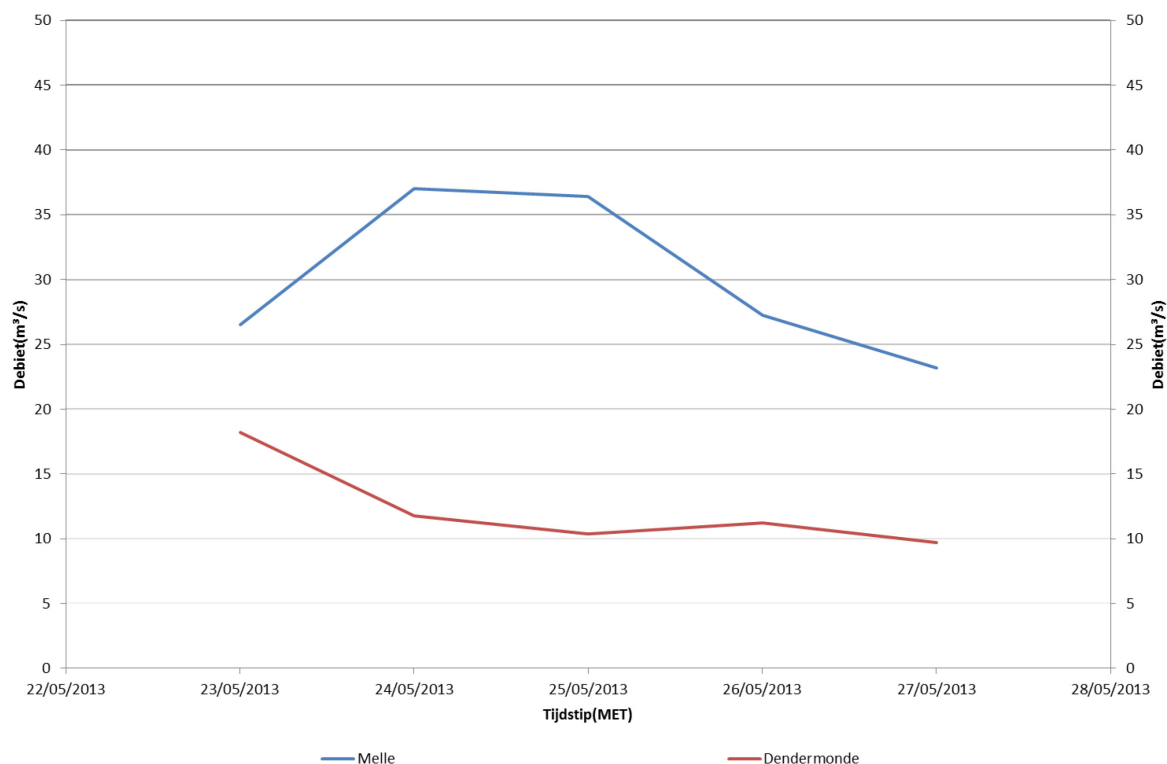


Figuur 24 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Driegoten 12/06/2013



Figuur 25 – "ViSea 10 discharge" voorstelling van het debiet in Liefkenshoek op 25/06/2013

Het bovendebiet tussen 23/05/2013 (Datum van de meting te Schoonaarde) en 27/05/2013 ter hoogte van Melle en Dendermonde is hieronder gegeven ter vergelijking.



Figuur 26 – Zeeschelde boven debieten te Melle en Dendermonde tussen 23 en 27/05/2013

3.3. Sediment concentratie

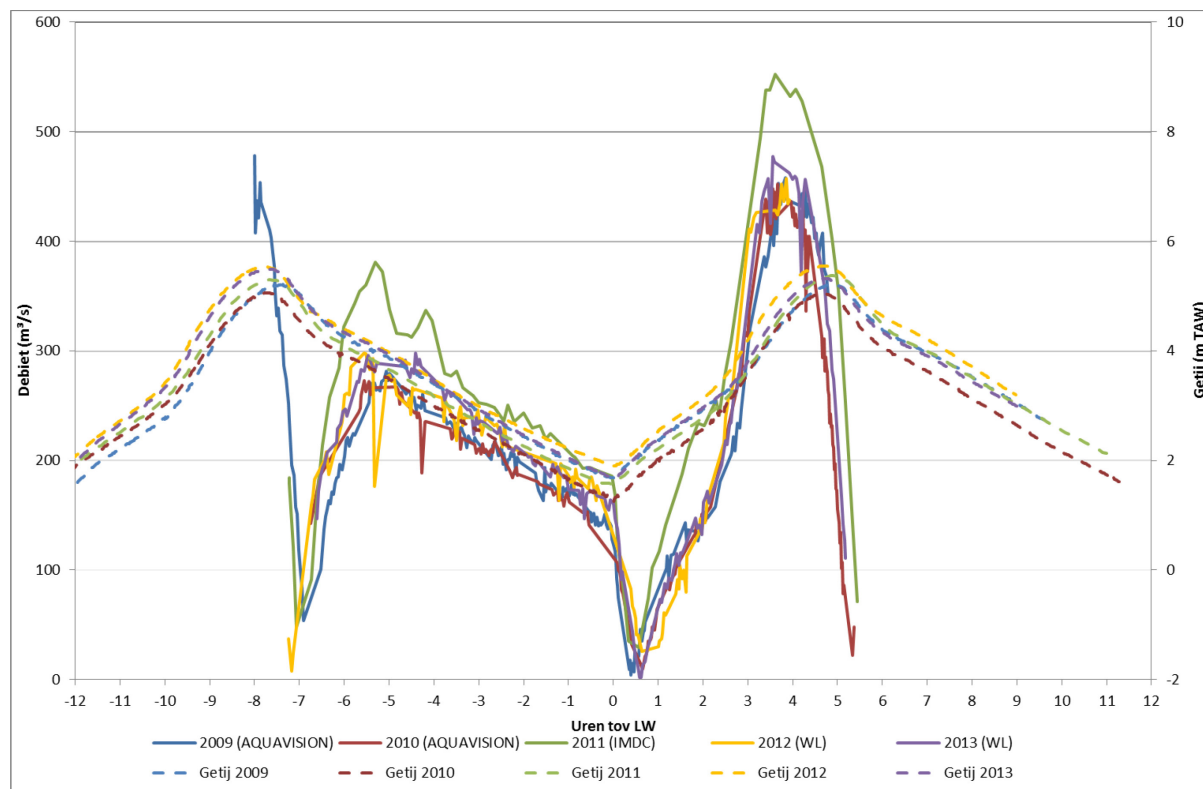
Tabel 7 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC

Meting locatie	2013		
	Helling	Intercept	R²(%)
Schoonaarde	0,03860	3,36910	83
Terhagen	0,07440	4,65830	81
Kruikeke	0,00480	2,58890	27
Oosterweel	0,04460	3,98650	80
Driegoten	0,05310	4,23610	89
Liefkenshoek	0,06110	4,69830	91

3.4. Vergelijking met resultaten uit het verleden

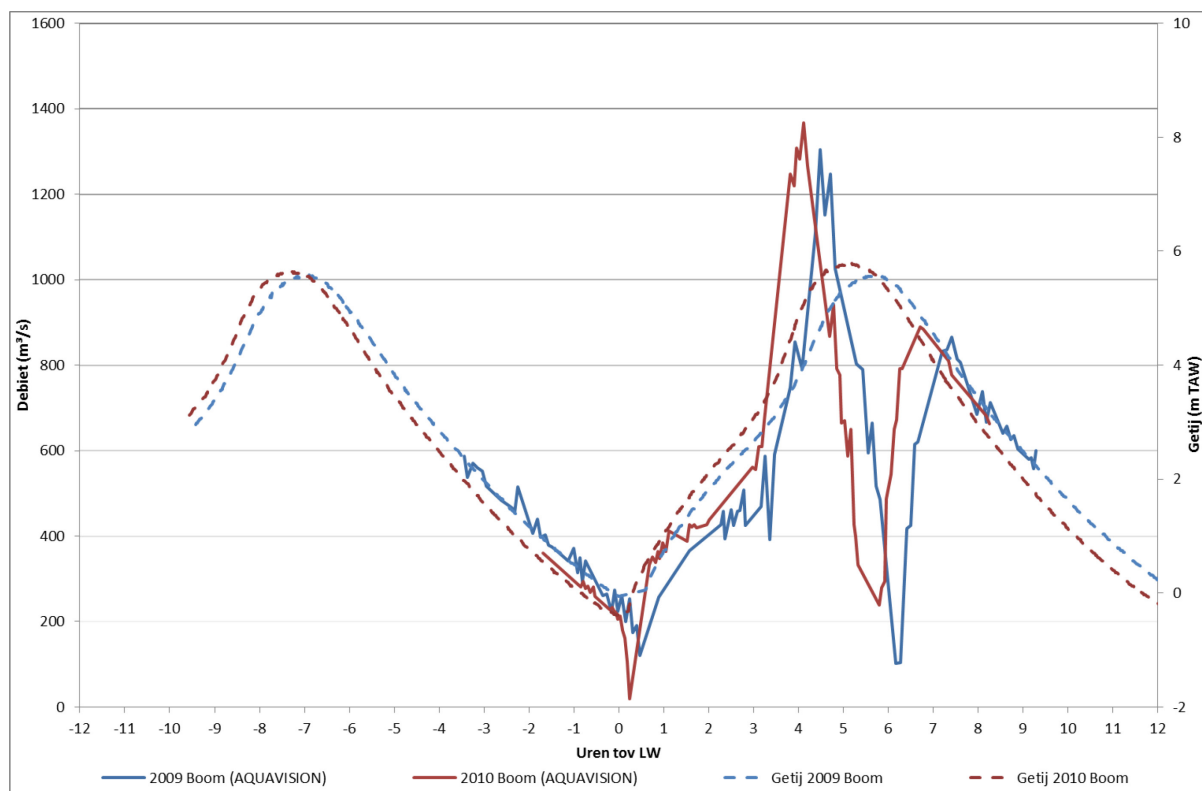
Resultaten uit het verleden komen uit de gevalideerde reeksen van de jaarlijkse 13 uursmeting rapporten van 2009 tot en met 2012 (Levy, Vereecken, Plancke, Verwaest, & Mostaert, 2014; Quax, 2012; P. van Santen, 2010a, 2010j, 2010k, 2010l, 2010m, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e, 2010f, 2010g, 2010h, 2010i)

3.4.1. Vergelijking van debieten en getij tussen 2009 en 2013

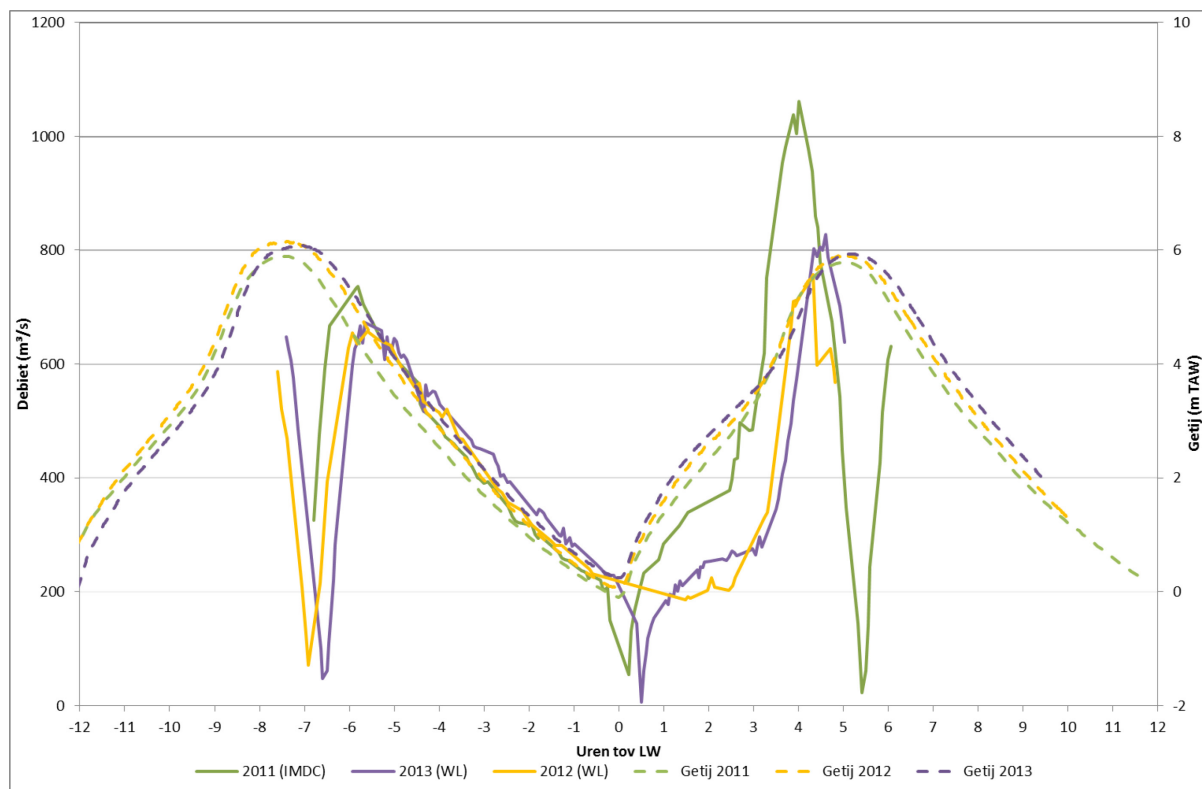


Figuur 27 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Schoonaarde

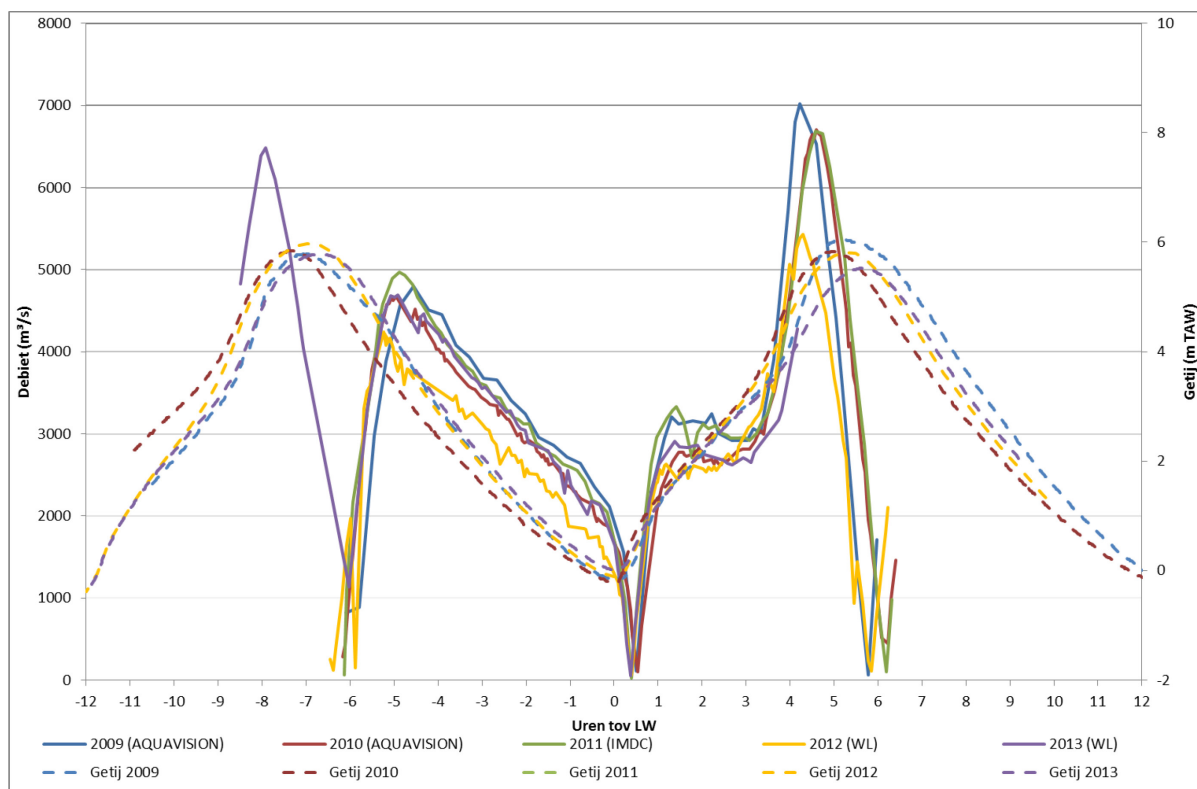
Het debiet van 2013 komt vrij goed overeen met de debieten uit het verleden. Vooral bij eb.



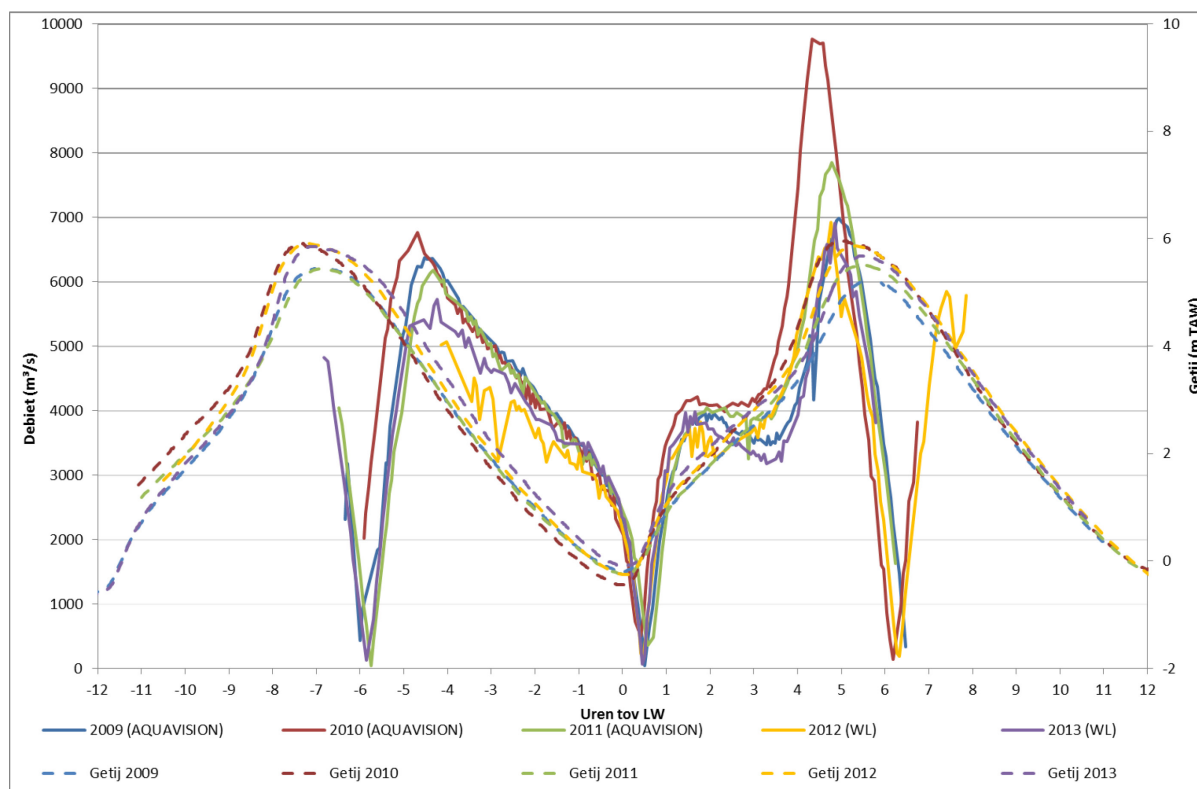
Figuur 28 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 en 2010 te Boom



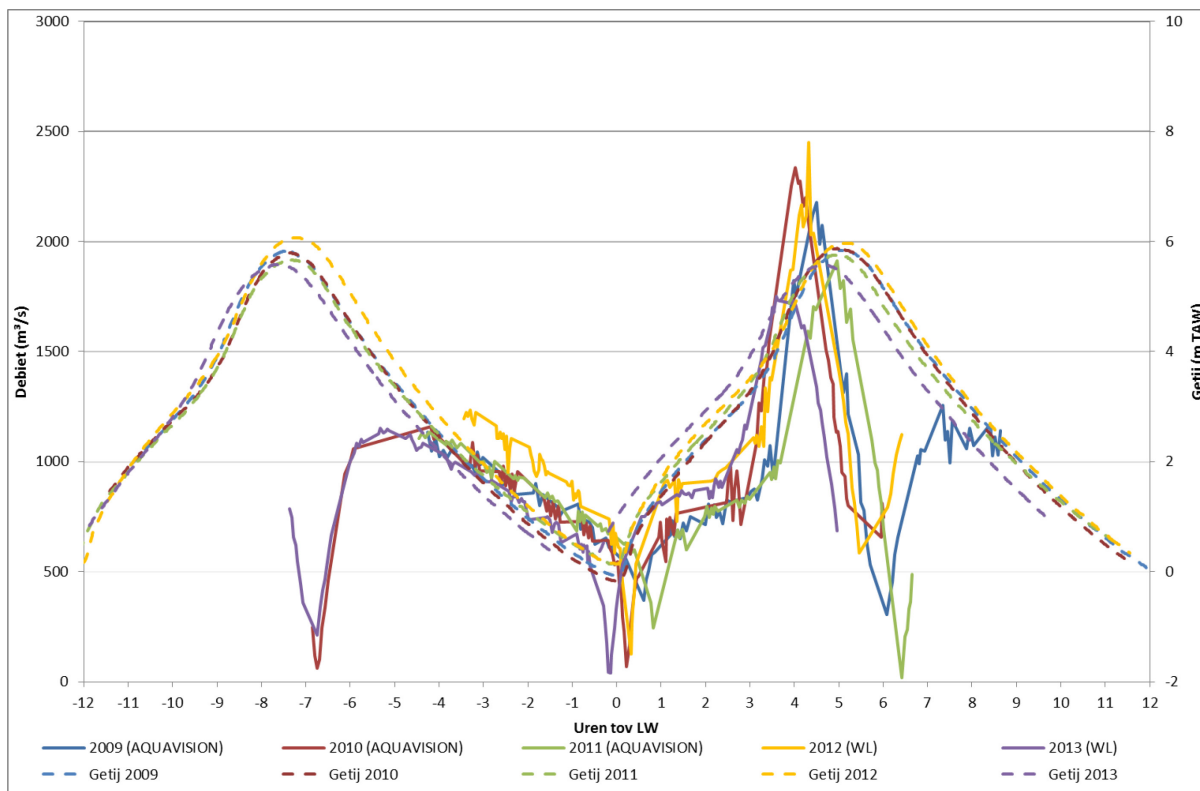
Figuur 29 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2011 en 2013 te Terhagen



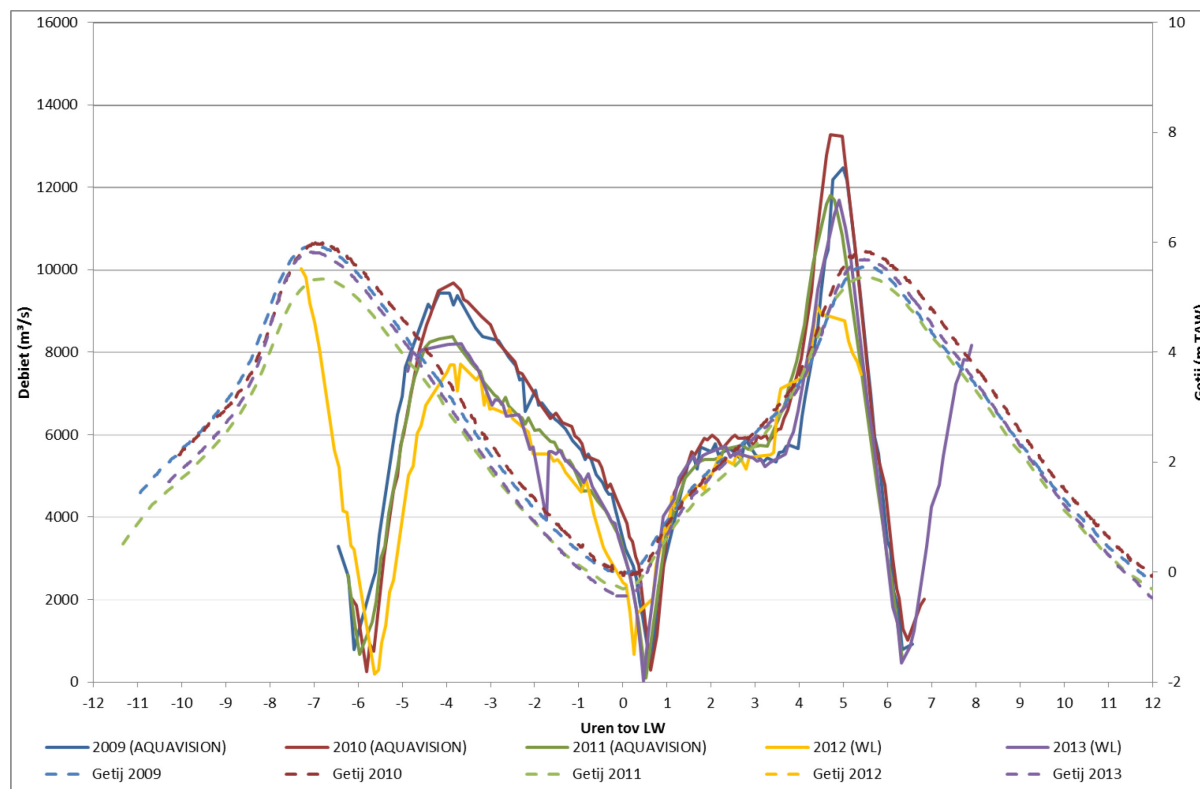
Figuur 30 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Kruibeke



Figuur 31 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Oosterweel



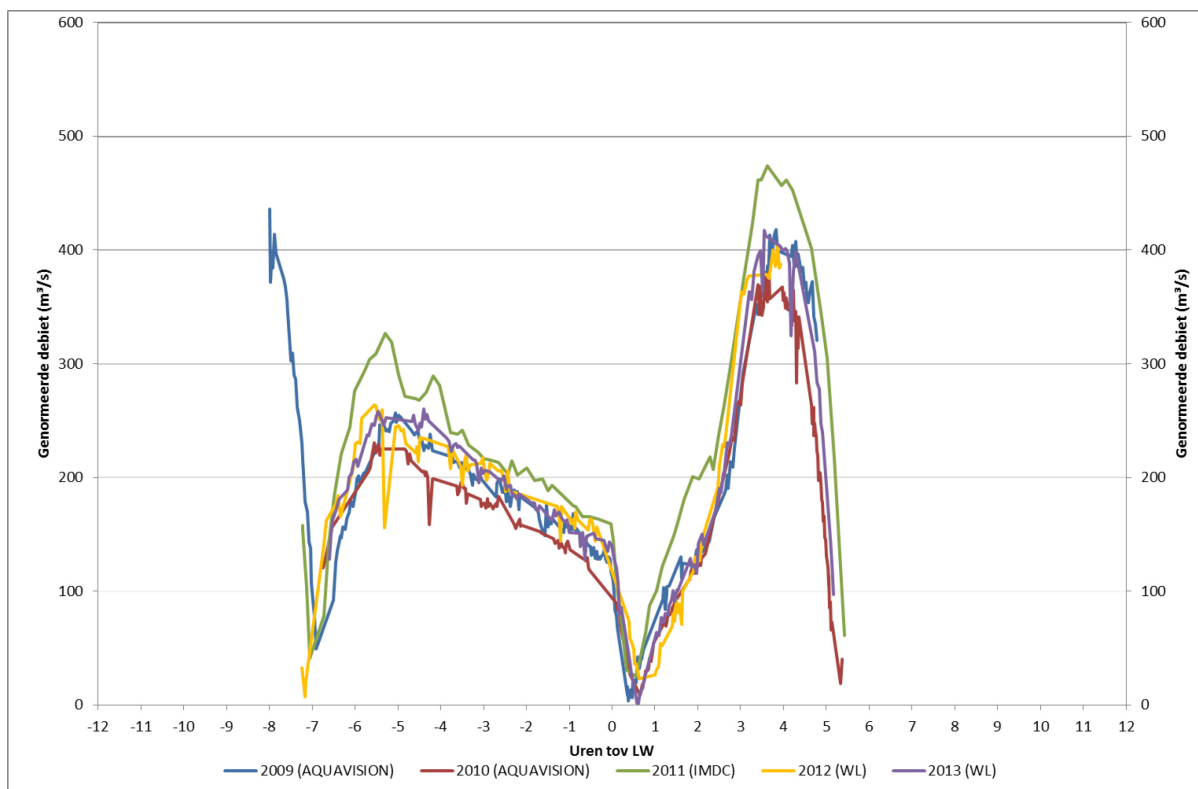
Figuur 32 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Driegoten



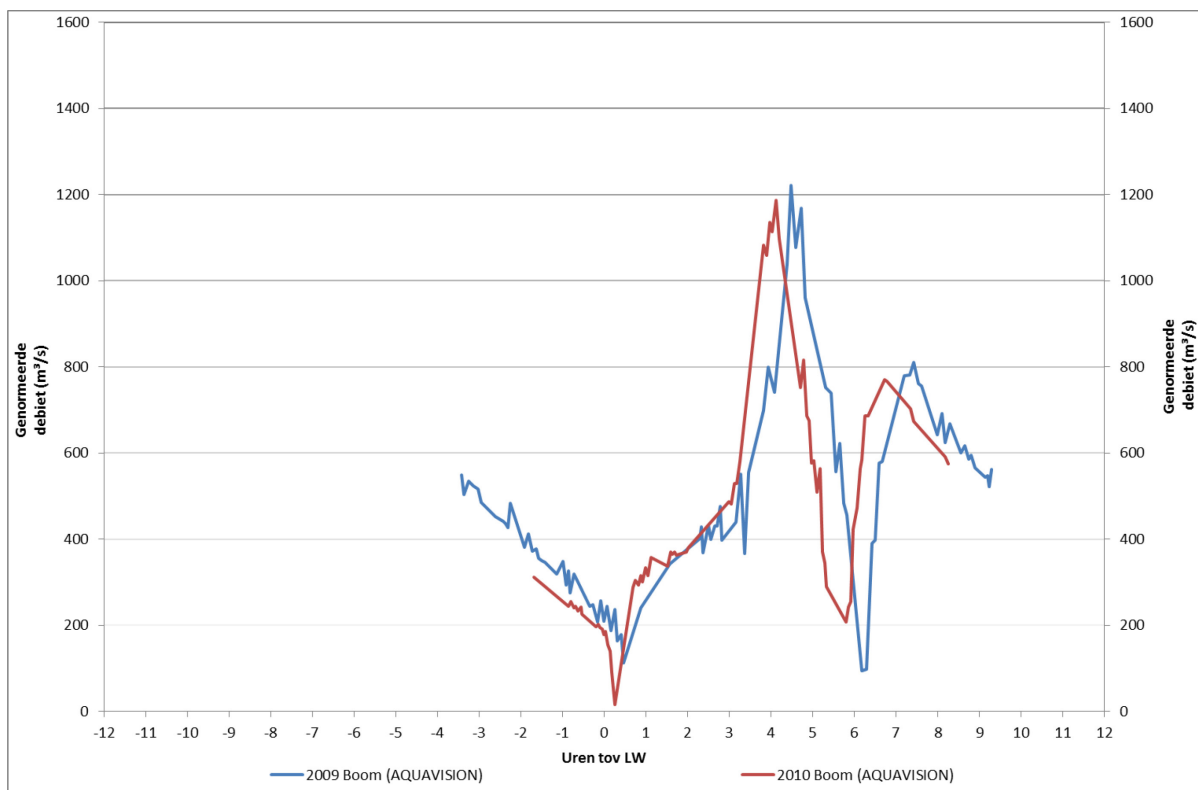
Figuur 33 – Vergelijking van de 13 uursmetingen resultaten van 2009 tot en met 2013 te Liefkenshoek

3.4.2. Vergelijking van genormeerde debieten en getij tussen 2009 en 2013

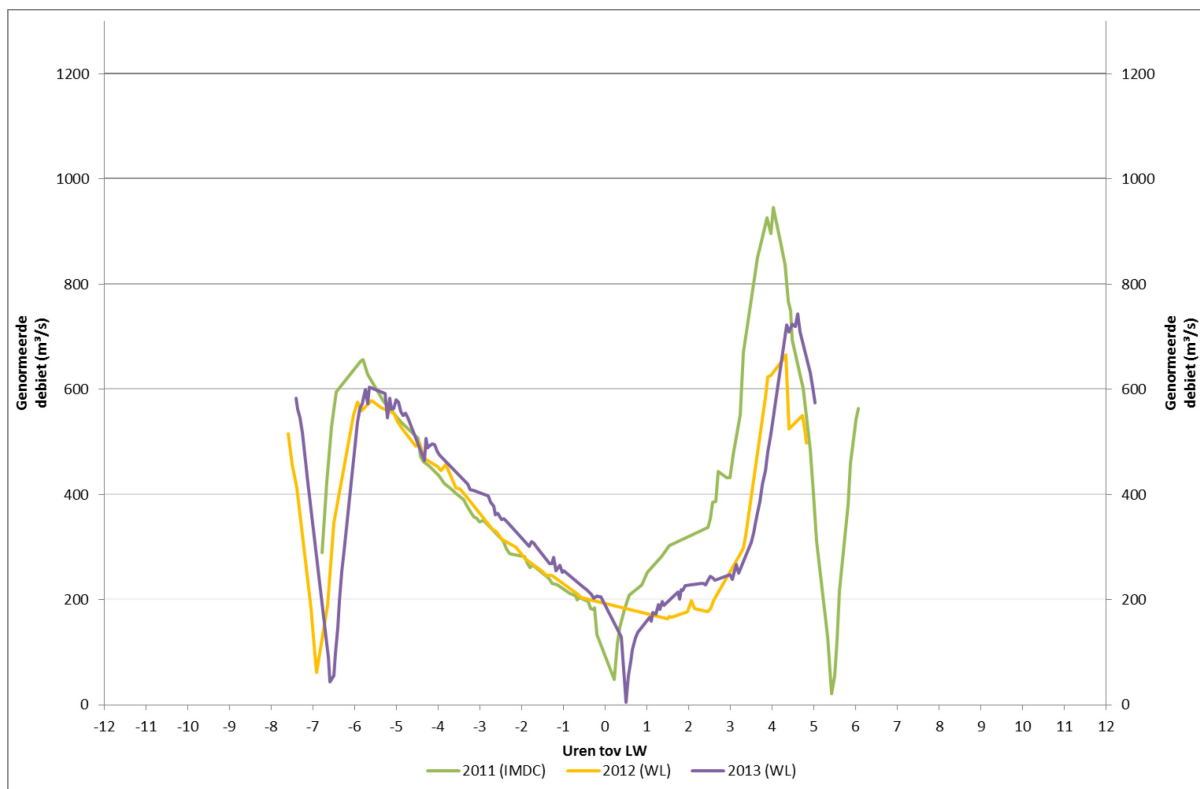
10-jarig gemiddelde tijverschillen werden gebruikt voor de normalisatie van het debiet.



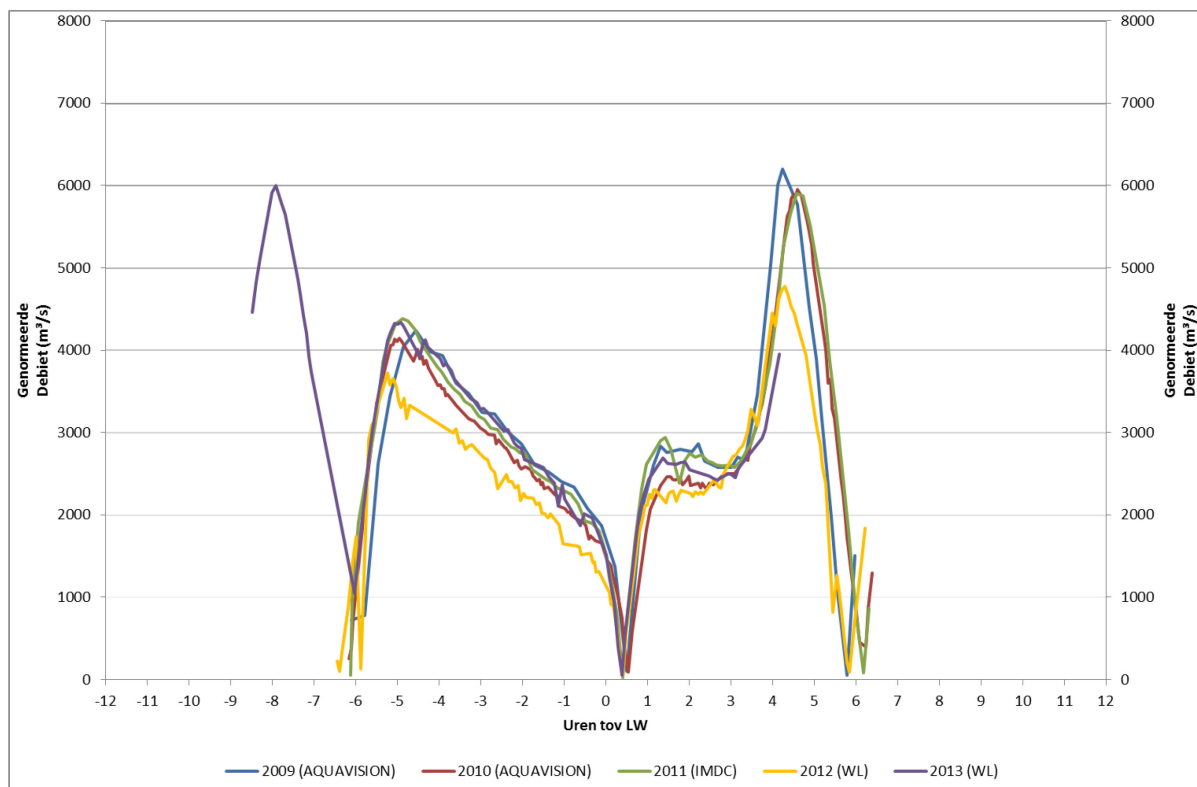
Figuur 34 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Schoonaarde



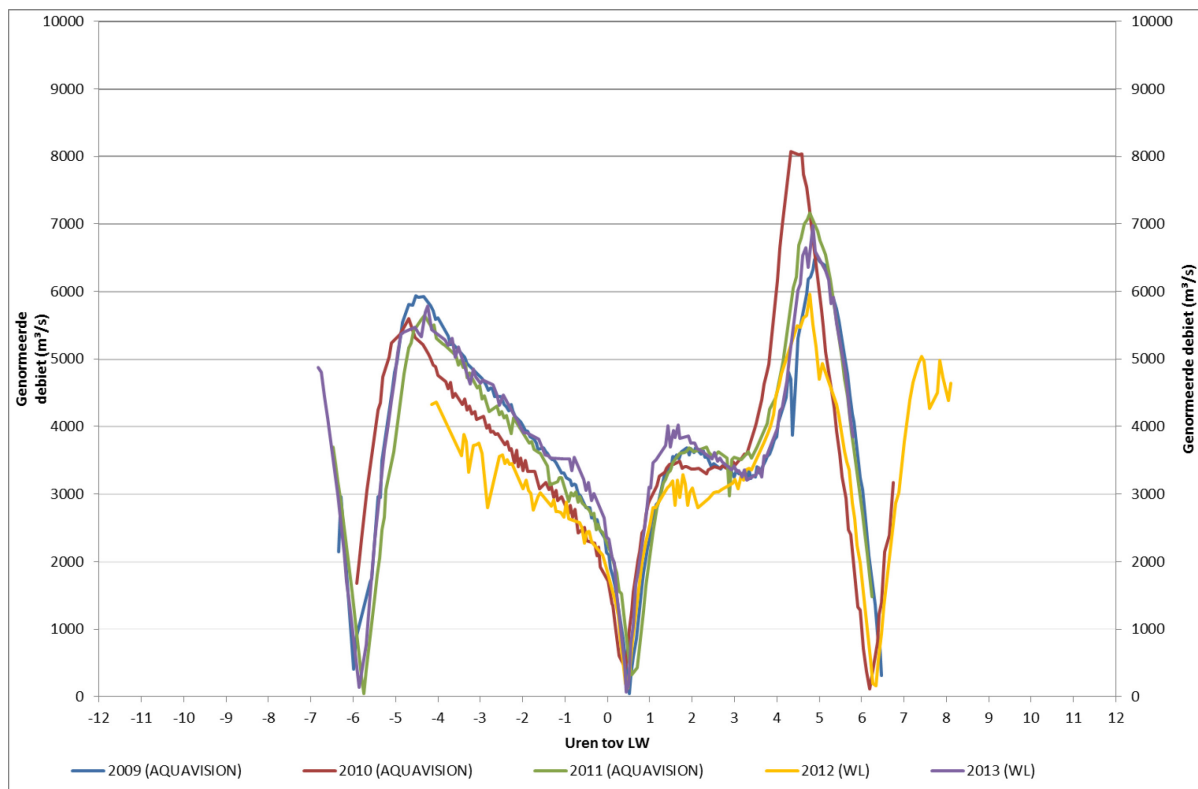
Figuur 35 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 en 2010 te Boom



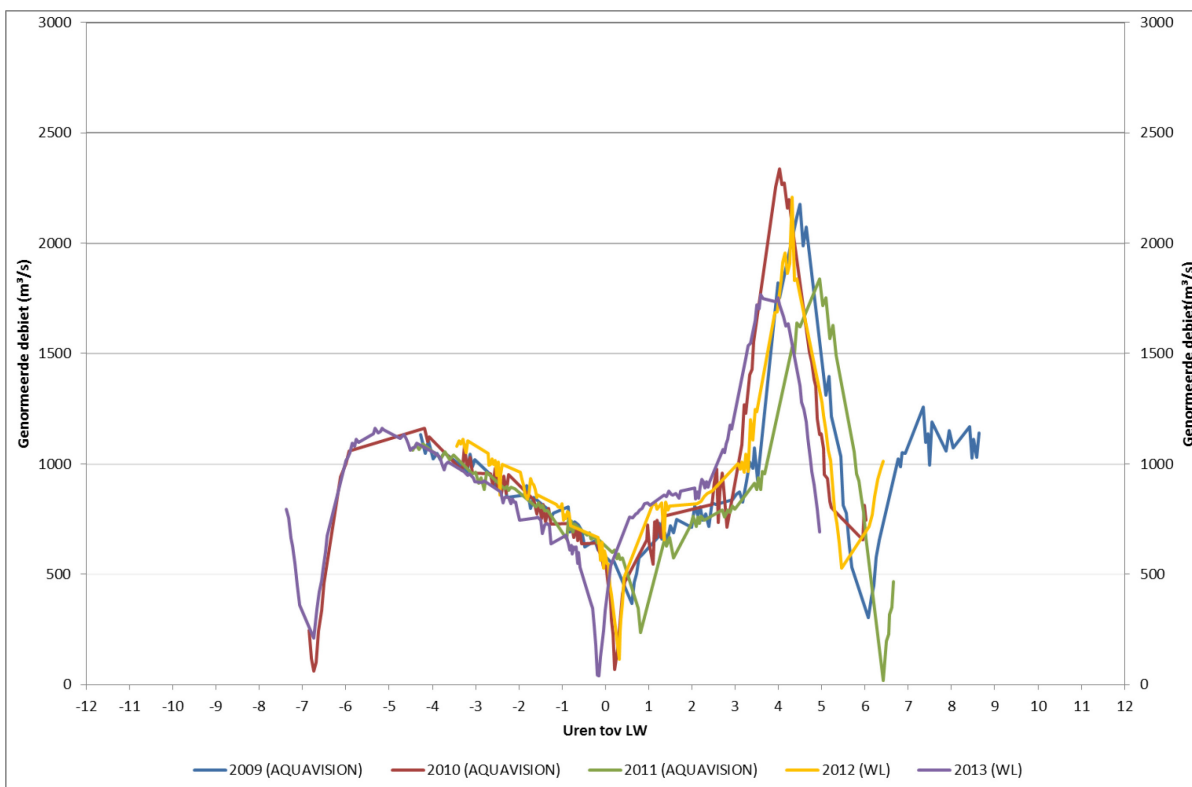
Figuur 36 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2011 en 2013 te Terhagen



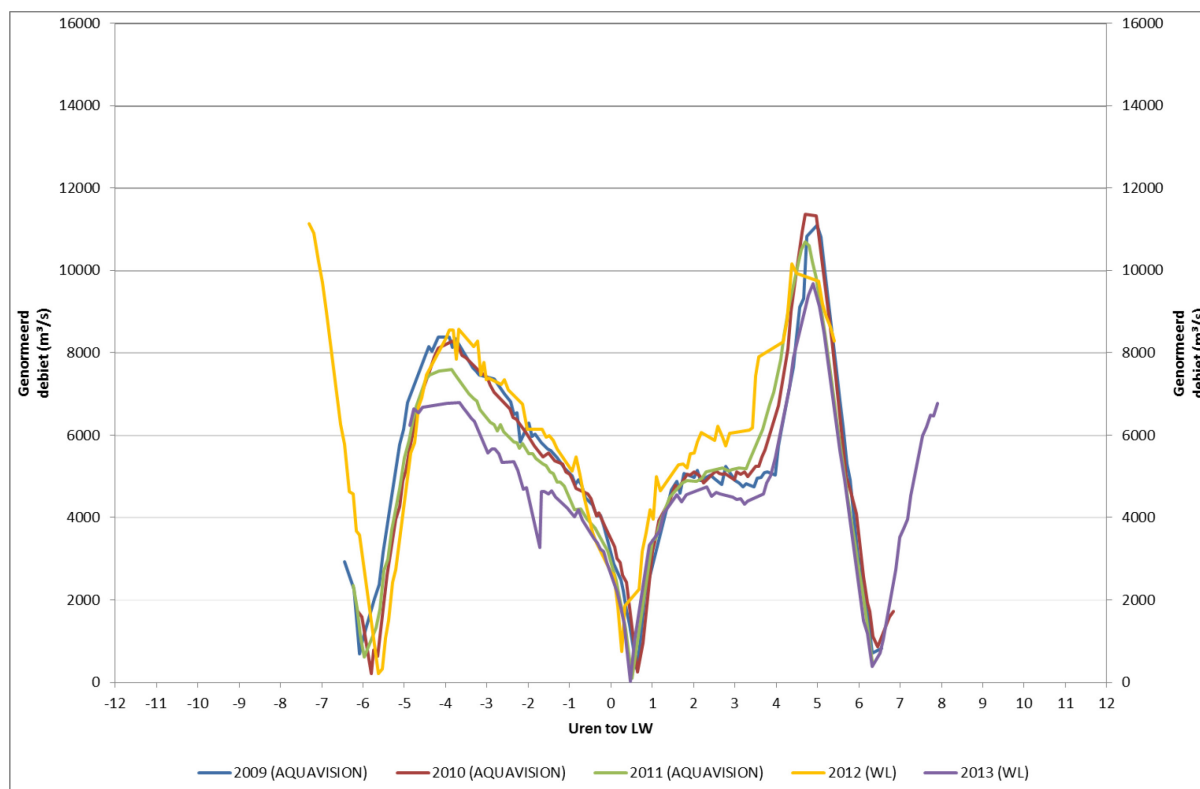
Figuur 37 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Kruikeke



Figuur 38 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Oosterweel

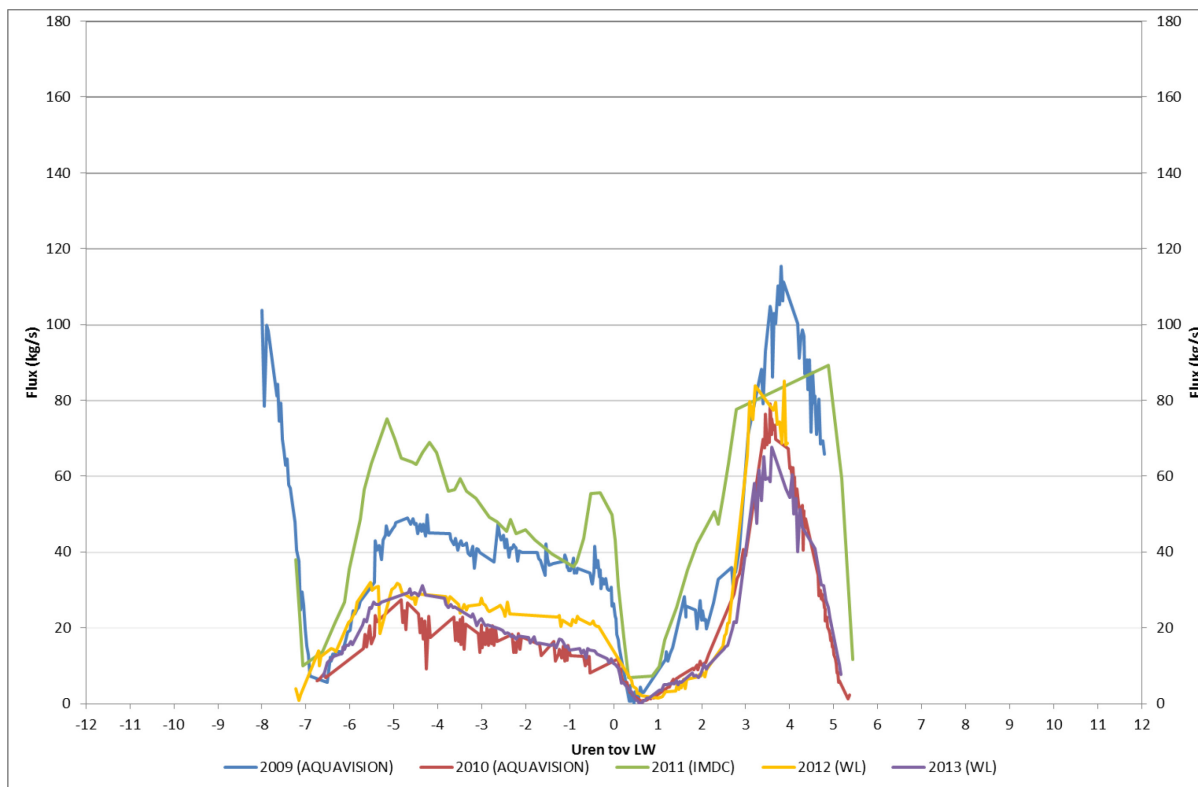


Figuur 39 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Driegoten

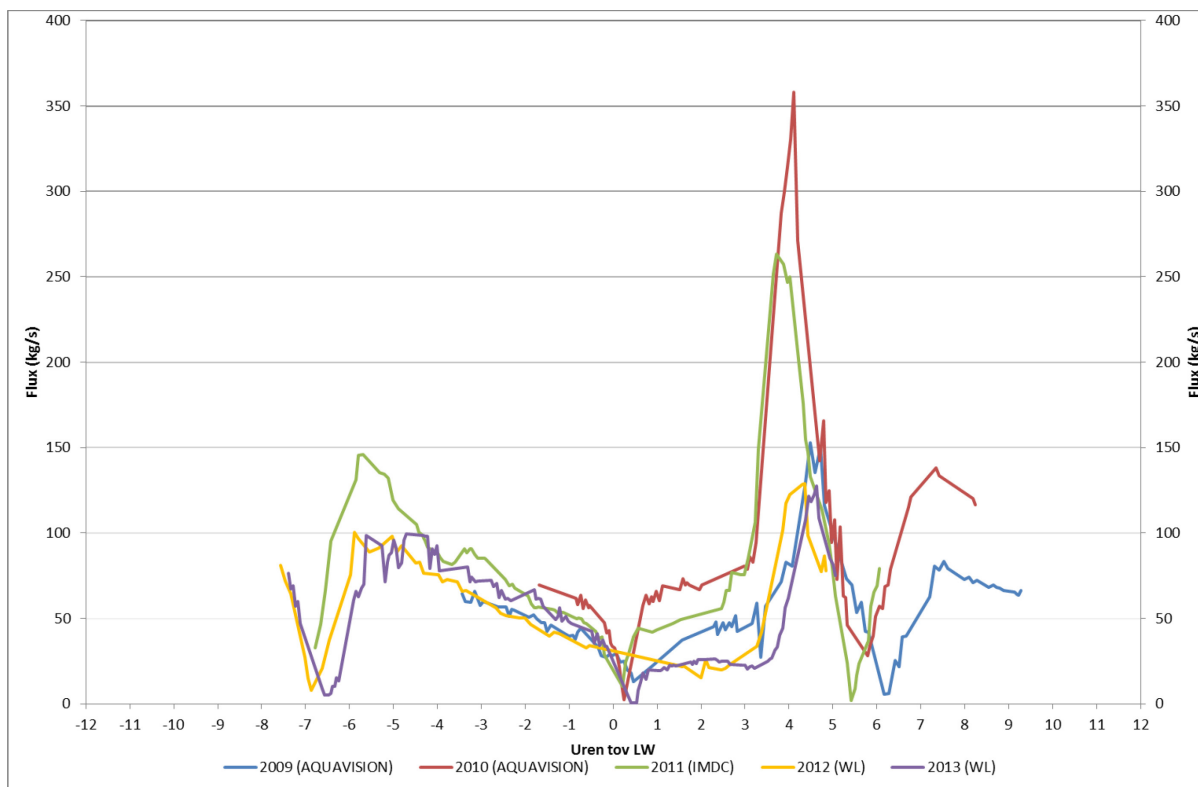


Figuur 40 – Vergelijking van de 13 uursmetingen genormeerde resultaten van 2009 tot en met 2013 te Liefkenshoek

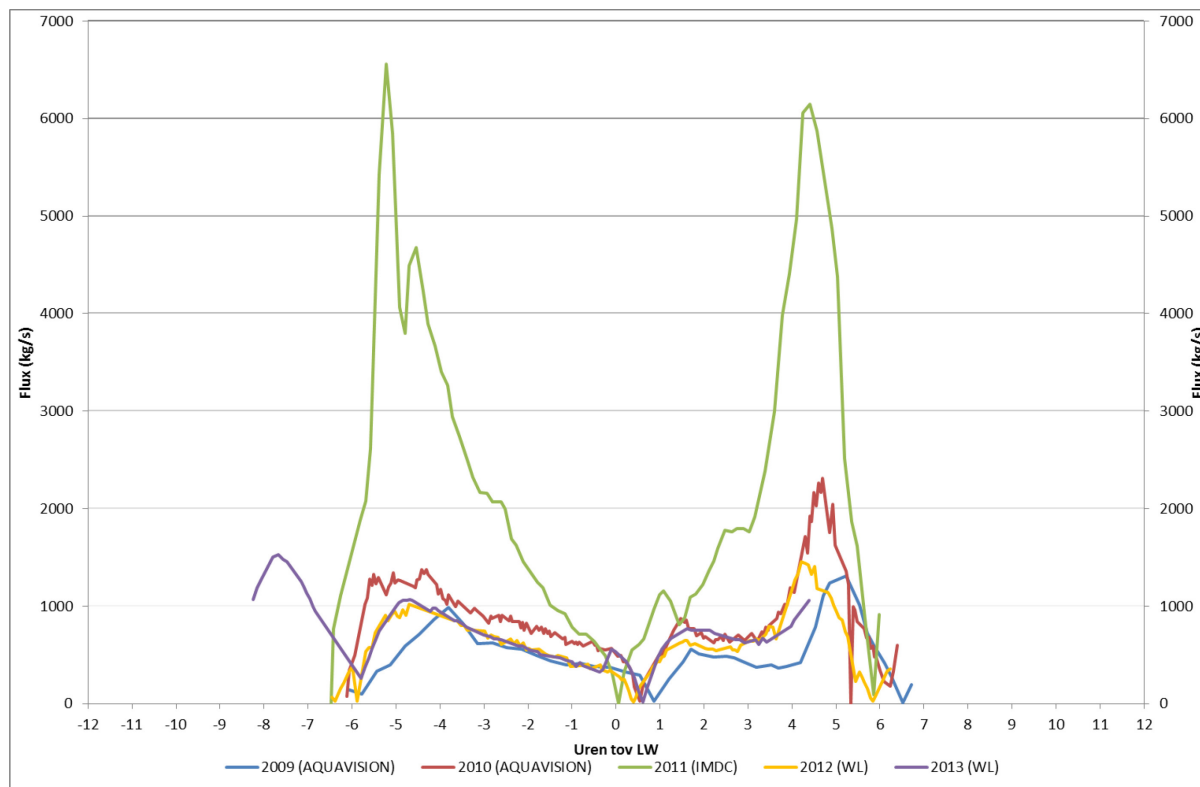
3.4.3. Vergelijking van de sediment fluxen tussen 2009 en 2013



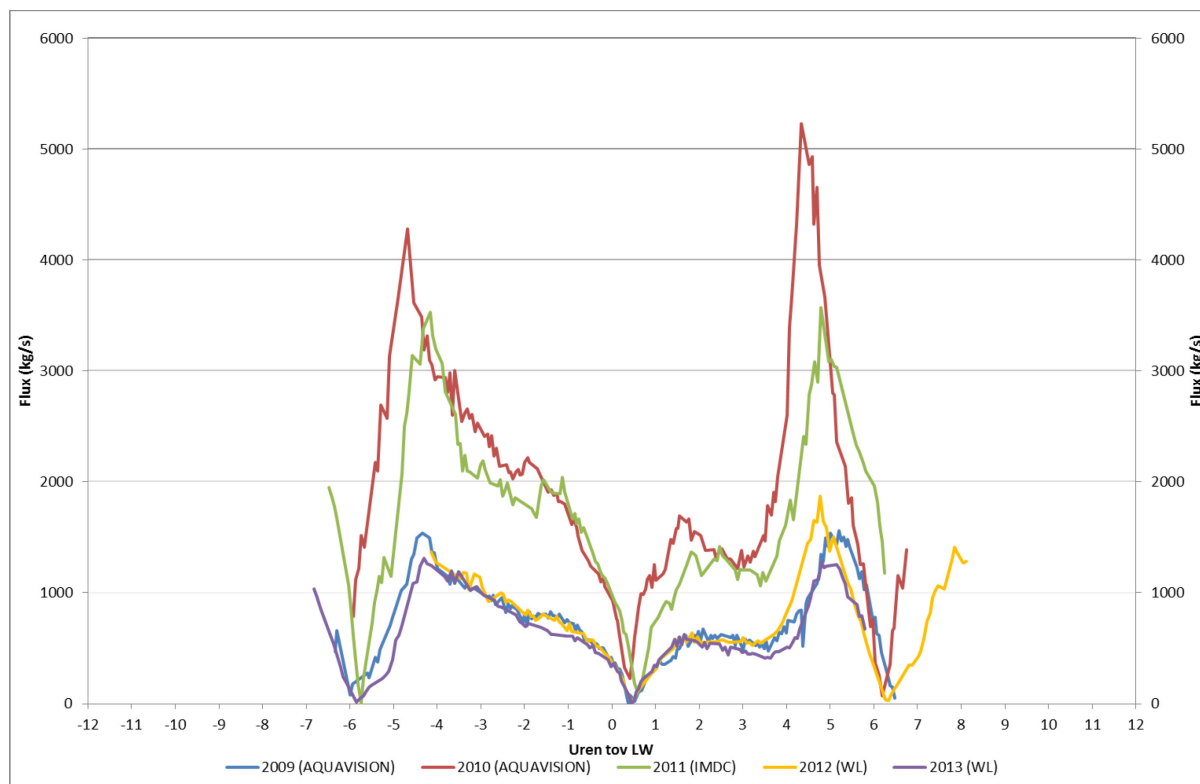
Figuur 41 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009 tot 2013 te Schoonaarde



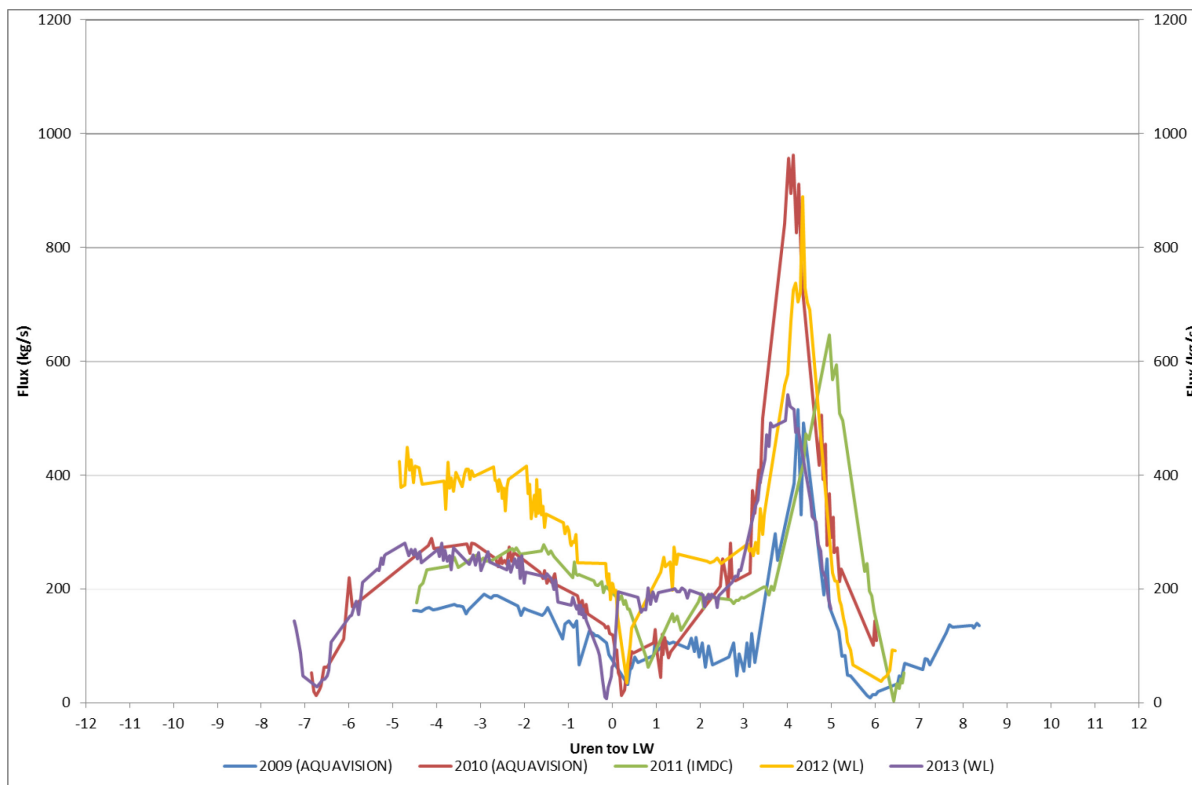
Figuur 42 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009-2010 te Boom en 2011-2013 te Terhagen



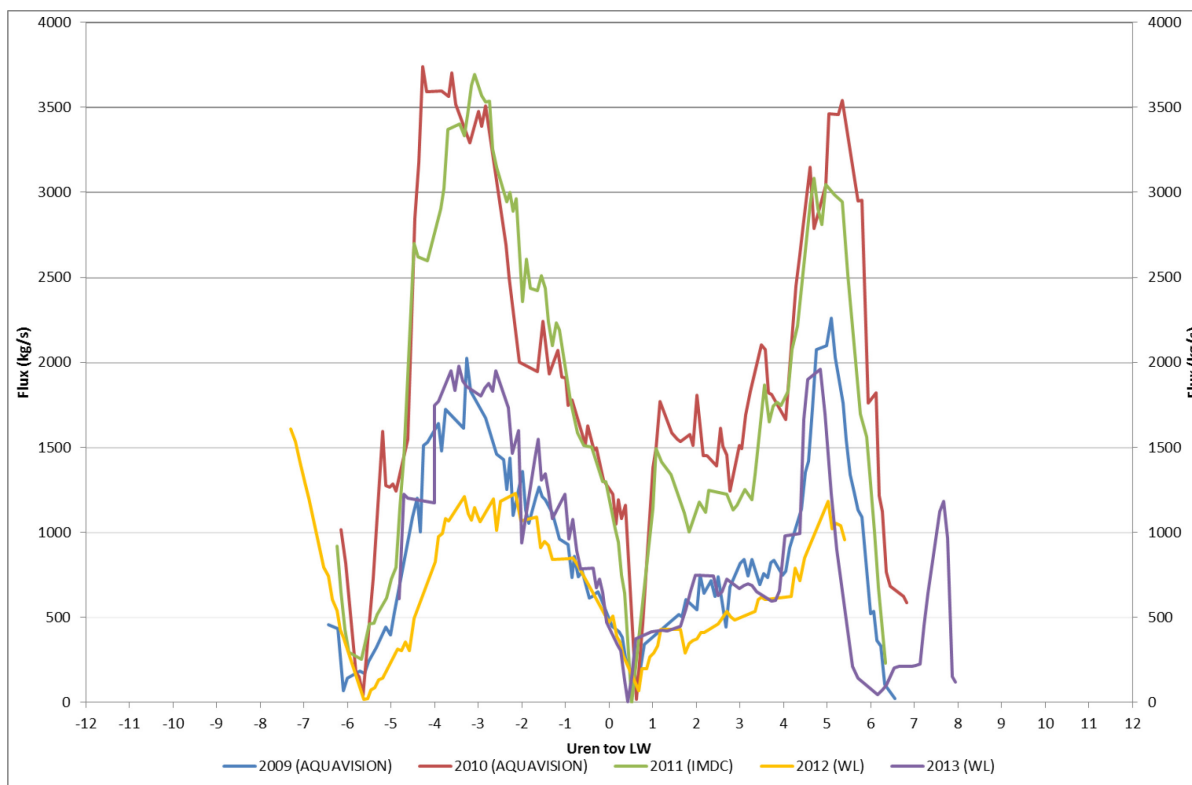
Figuur 43 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009-2013 te Kruibeke



Figuur 44 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2009-2013 te Oosterweel

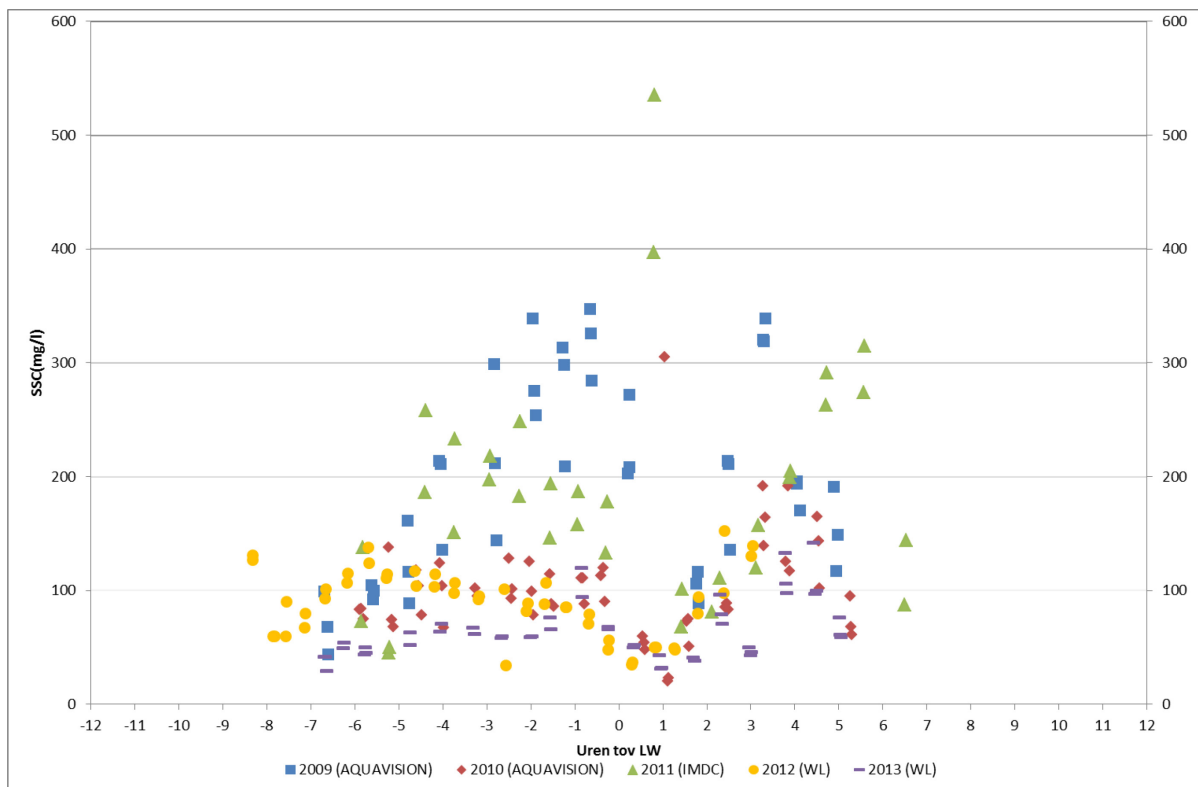


Figuur 45 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2011-2013 te Driegoten

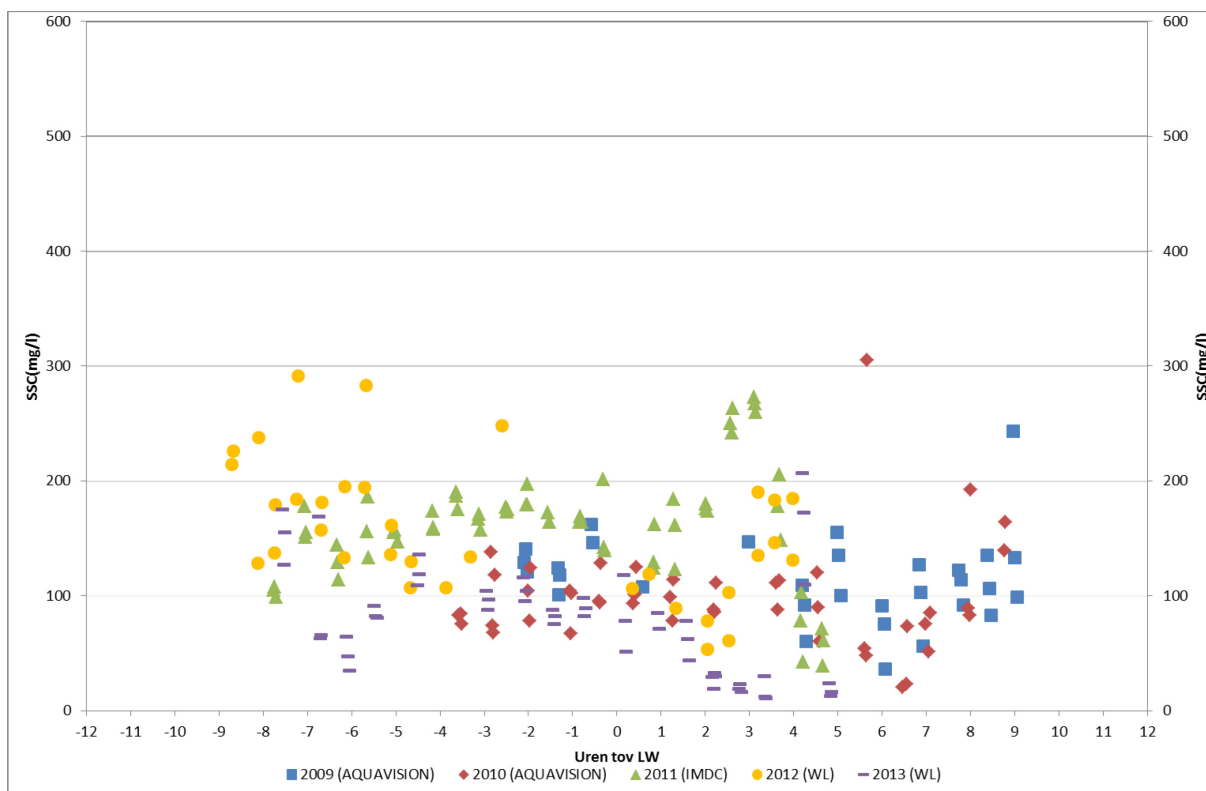


Figuur 46 – Vergelijking van de sediment fluxen van 2011-2013 te Liefkenshoek

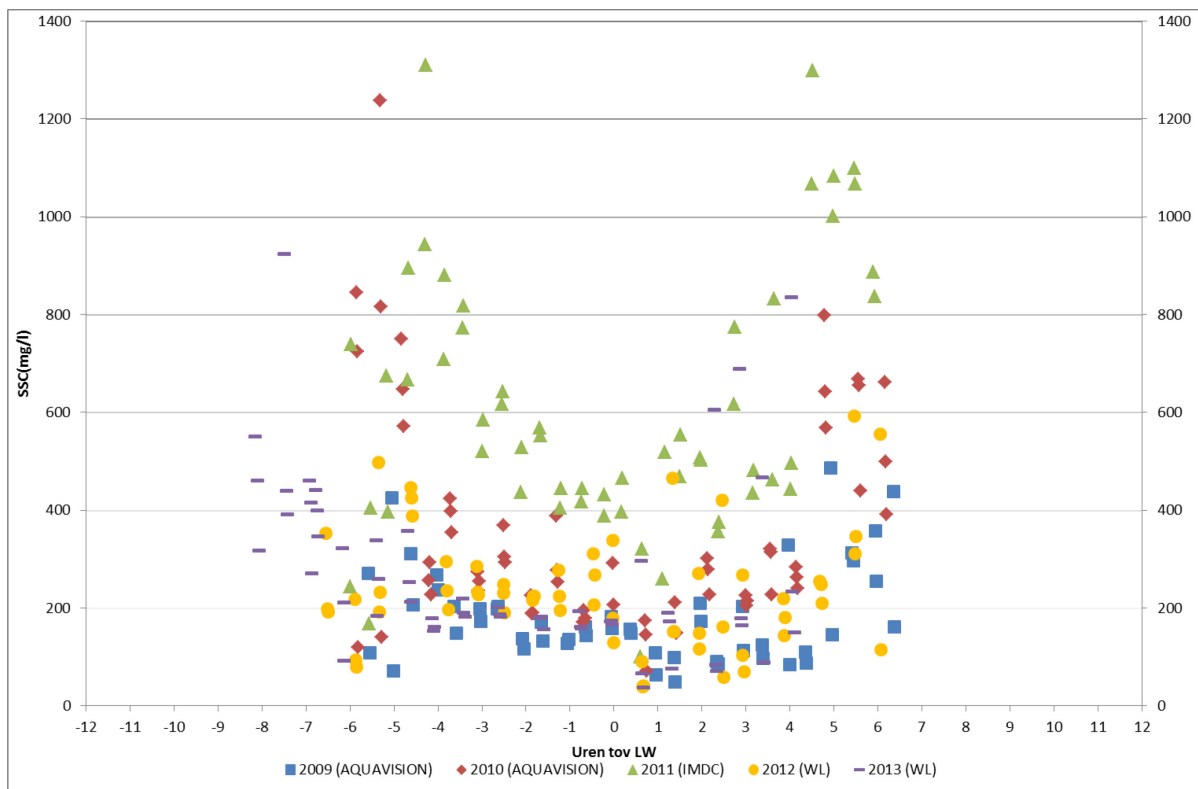
3.4.4. Vergelijking van de sediment concentraties tussen 2009 en 2013



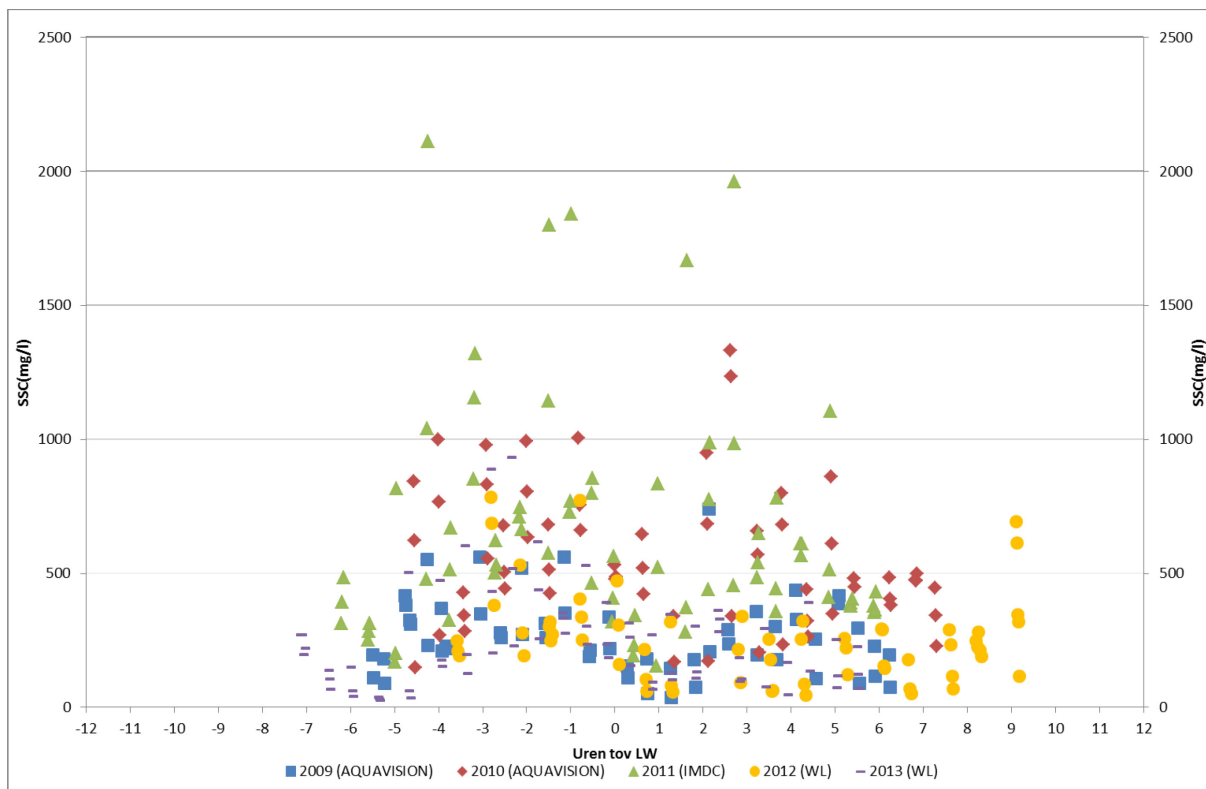
Figuur 47 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Schoonaarde



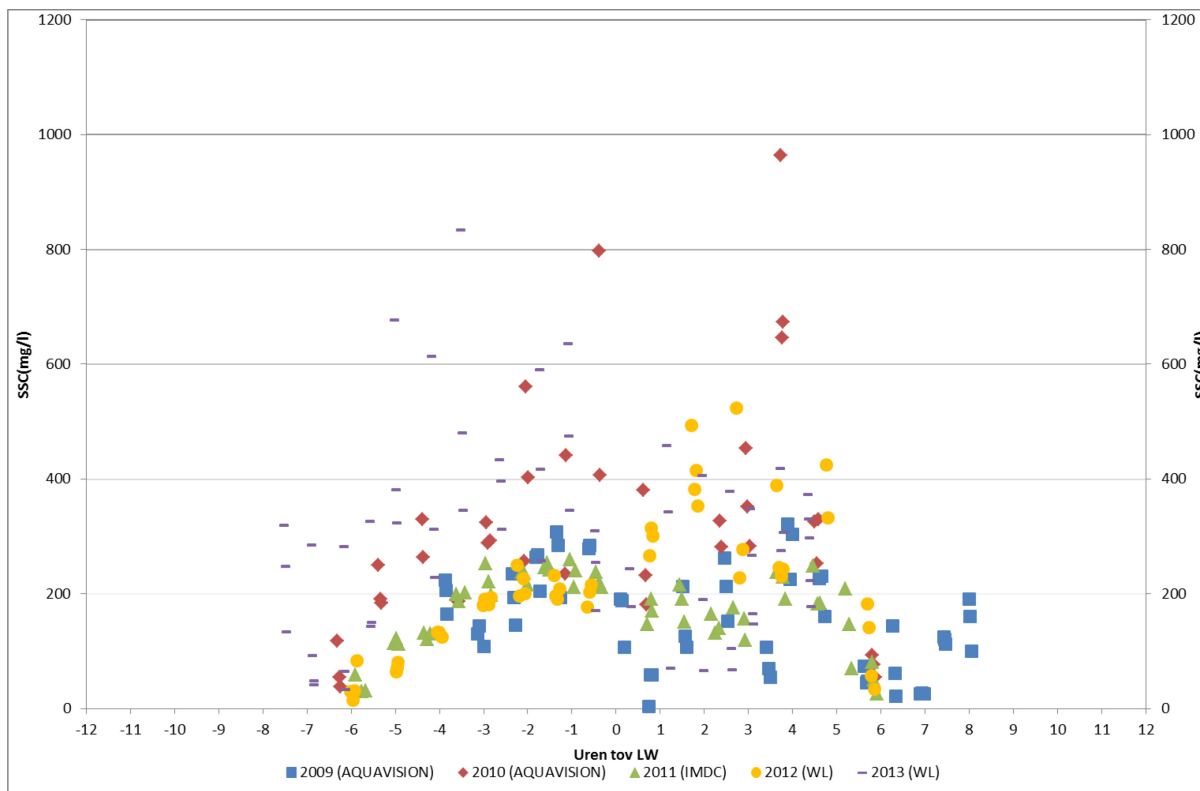
Figuur 48 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Boom/Terhagen



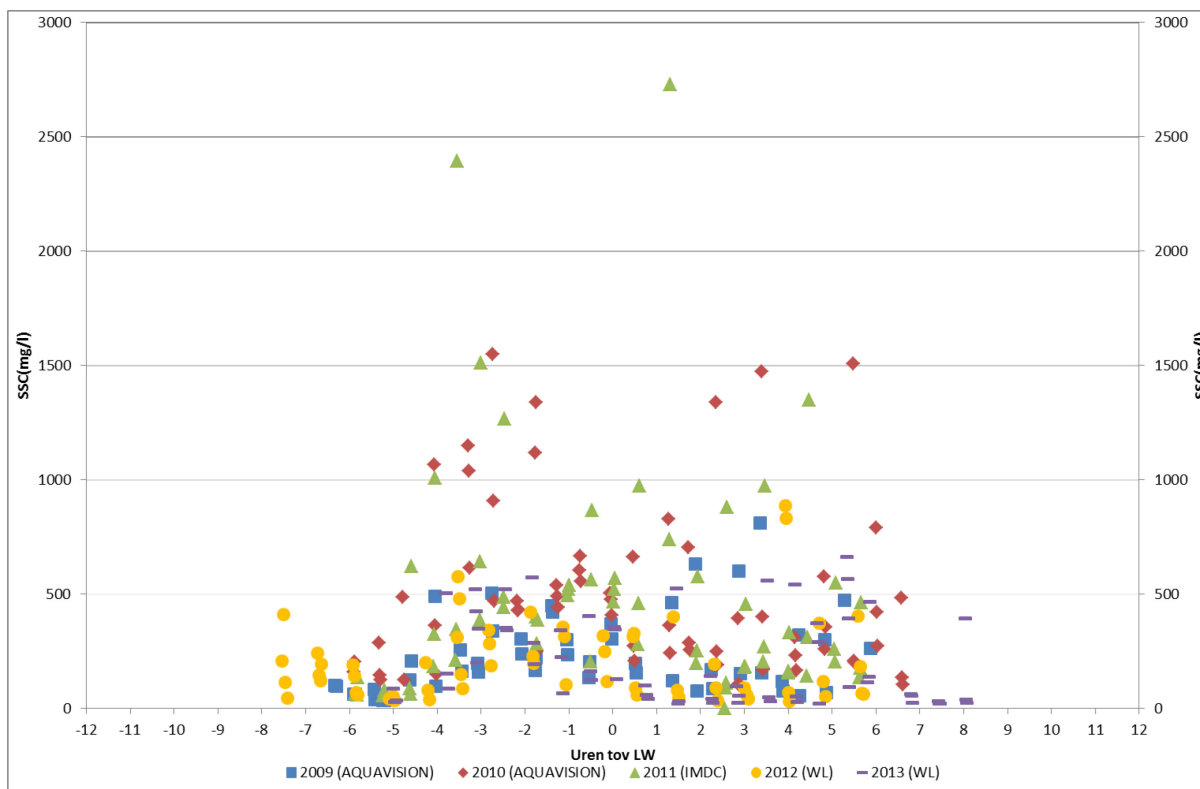
Figuur 49 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Kruikebe



Figuur 50 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Oosterweel



Figuur 51 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Driegoten



Figuur 52 – Vergelijking van de 13 uursmetingen bemonsterde SSC van 2009 tot 2013 te Liefkenshoek

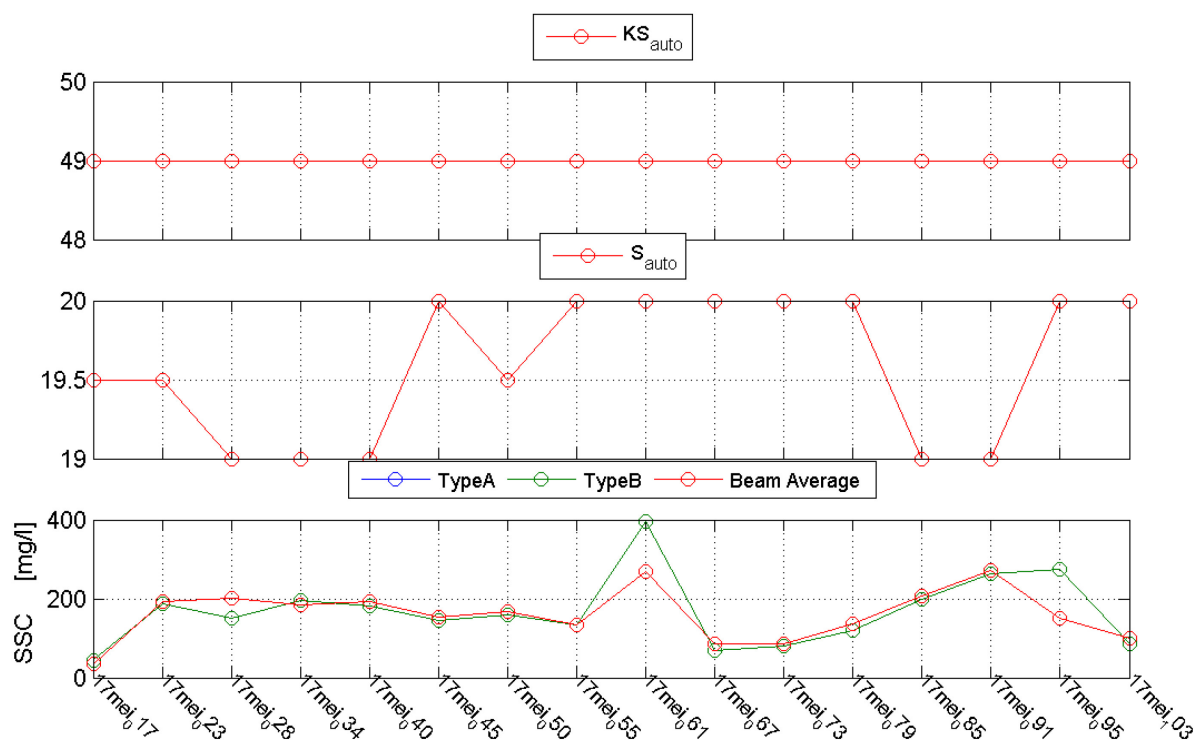
3.4.5. Vergelijking van de SSC kalibratie parameters tussen 2009 en 2013

Schoonaarde 27/05/2013

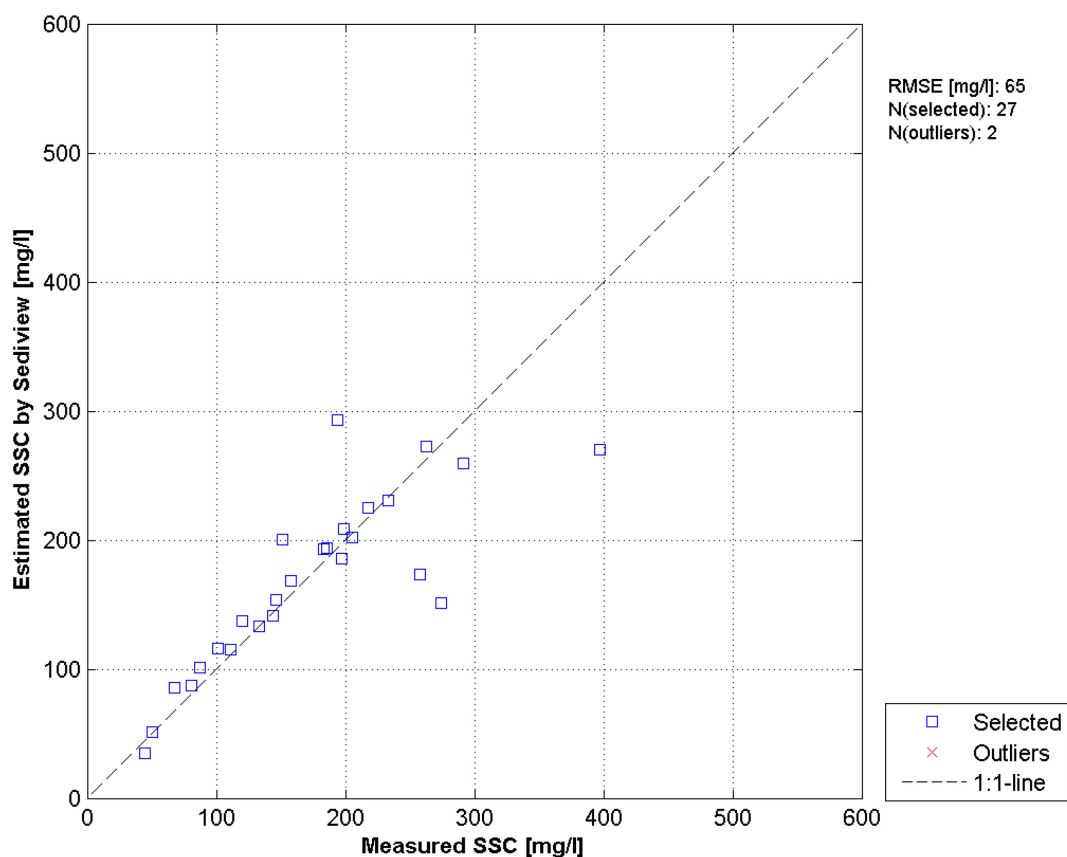
Tabel 8 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Schoonaarde

Jaar	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,0390	3,3000	67
2010	0,0480	3,7790	87
2011	Niet lineaire	Niet lineaire	?
2012	0,0453	3,2909	77
2013	0,0386	3,3694	83

De kalibratie coëfficiënten van 2011 werden niet lineair geschat. Onderstaande figuur vat de parameters van die relatie samen.



Figuur 53 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Schoonaarde



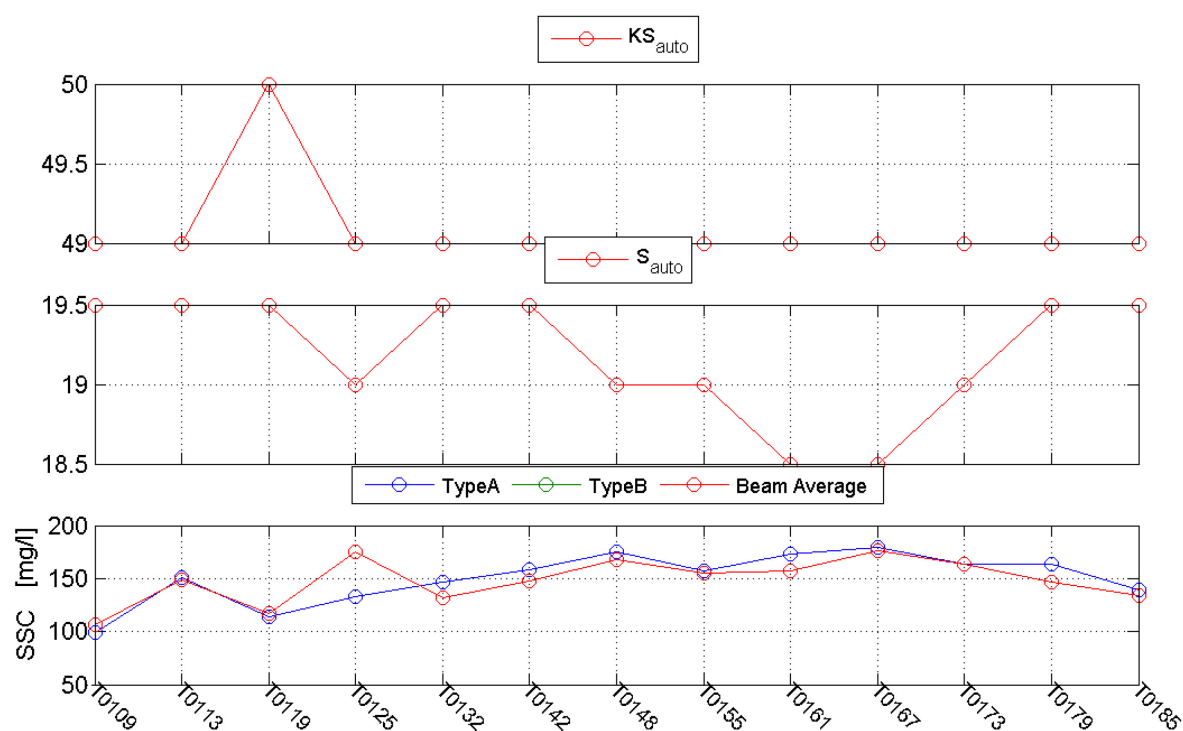
Figuur 54 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Schoonaarde 2011

Terhagen 29/05/2013

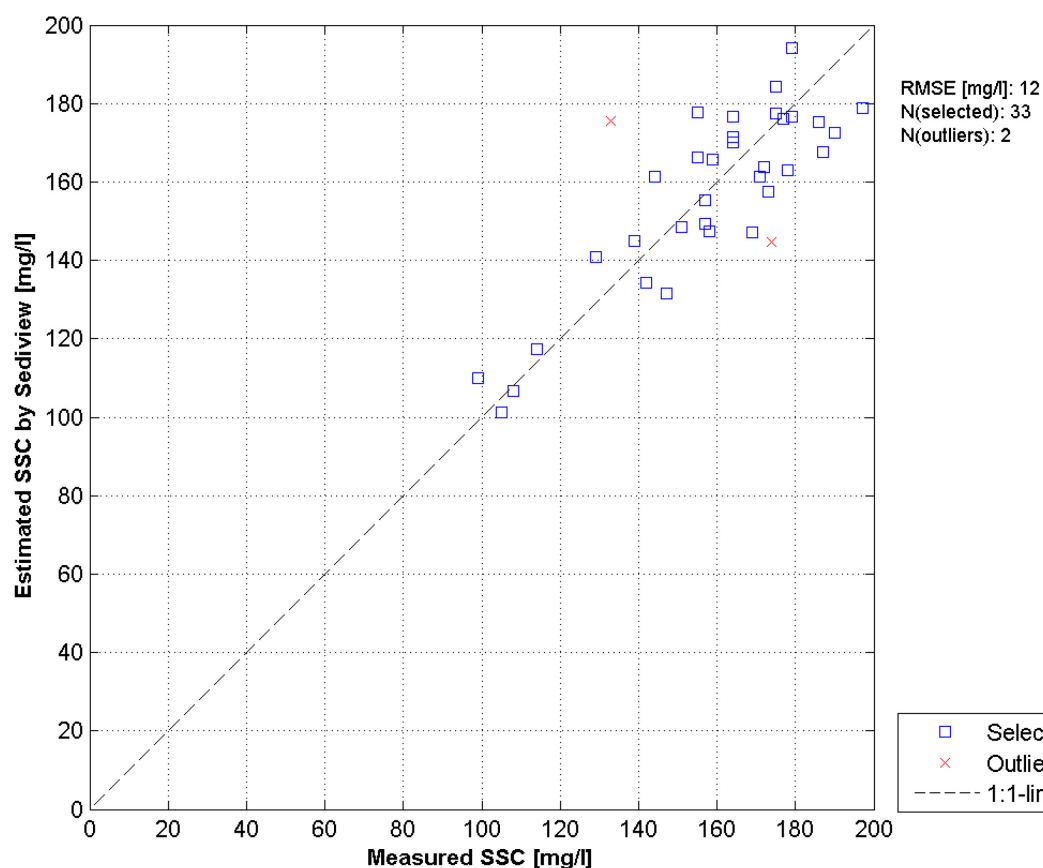
Tabel 9 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Terhagen

Jaar	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,0220	2,669	69
2010	0,0488	4,0251	71
2011	Niet lineaire	Niet lineaire	?
2012	0,0267	2,8400	60
2013	0,0739	4,6351	81

De kalibratie coëfficiënten van 2011 werden niet lineair geschat. *Onderstaande figuur* vat de parameters van die relatie samen.



Figuur 55 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Terhagen



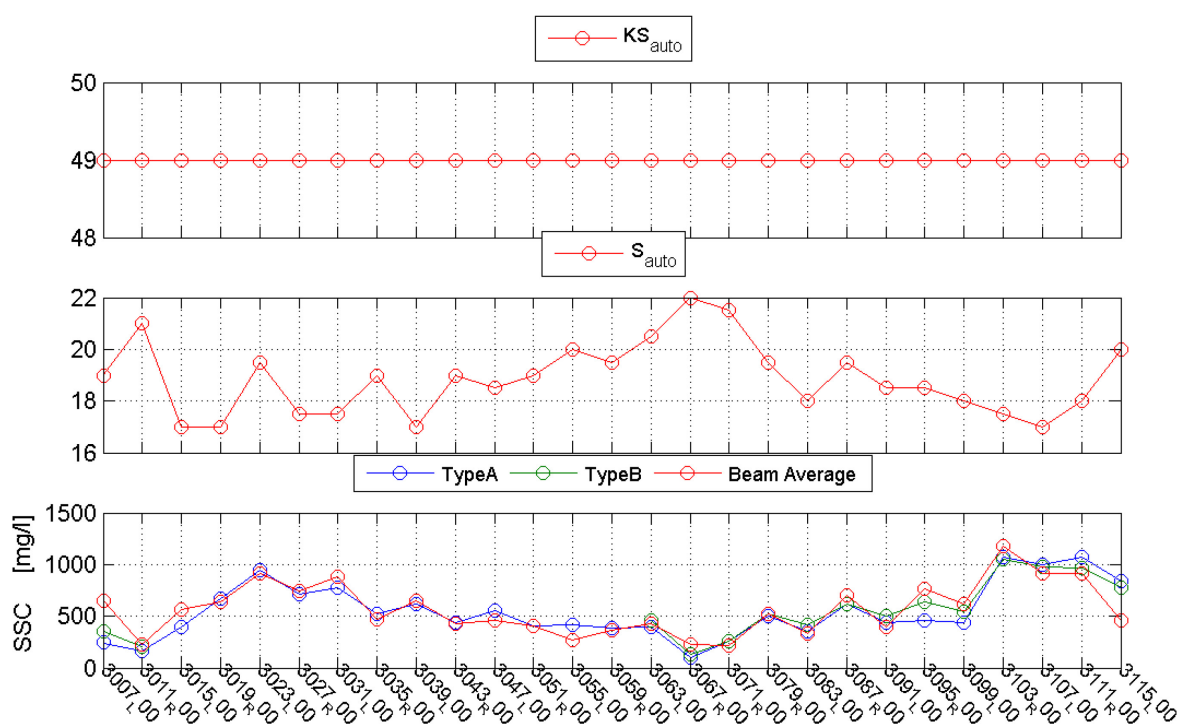
Figuur 56 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC te Terhagen 2011

Kruibeke 30/05/2013

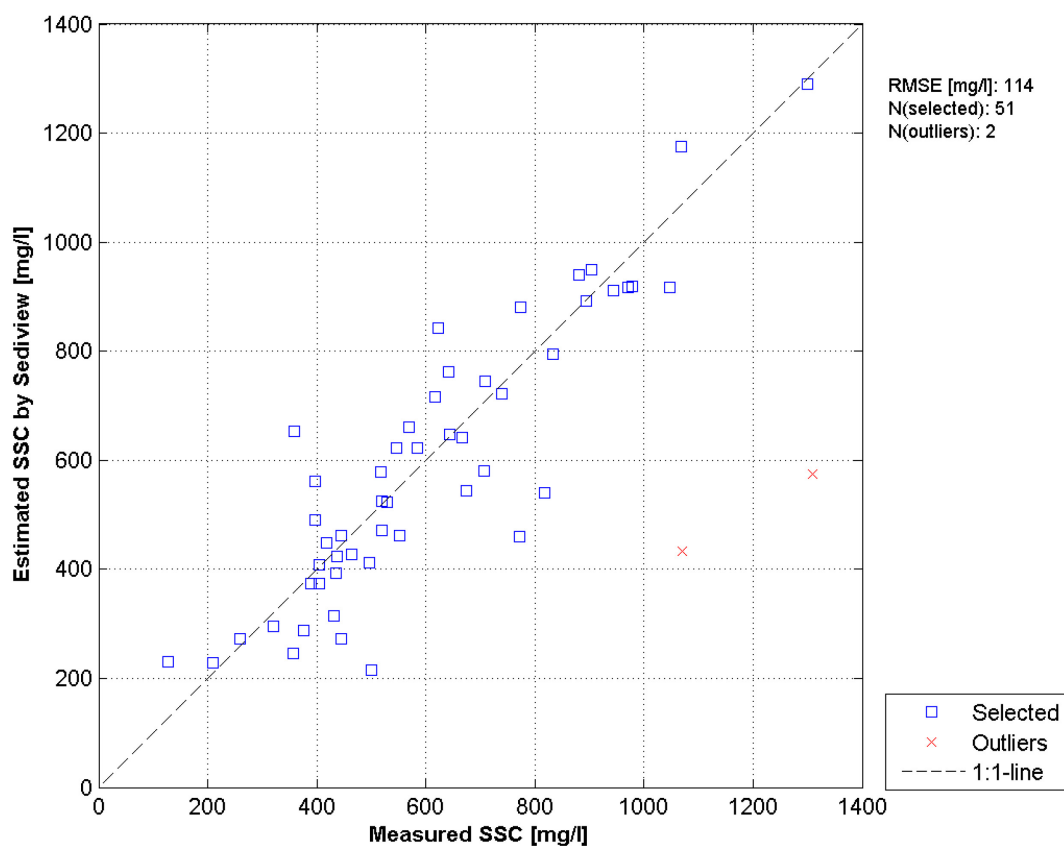
Tabel 10 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Kruibeke

Jaar	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,0610	5,0900	79
2010	0,0561	5,2597	61
2011	Niet lineaire	Niet lineaire	?
2012	0,0459	4,0833	63
2013	0,0052	2,6049	27

De kalibratie coëfficiënten van 2011 werden niet lineair geschat. *Onderstaande figuur* vat de parameters van die relatie samen.



Figuur 57 – Parameters van de niet lineaire regressie tussen waterstalen SSC en ADCP ABS te Kruibeke



Figuur 58 – Lineaire regressie tussen bemonsterde en geschatte SSC in Kruibeke te 2011

Oosterweel 27/06/2013

Tabel 11 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Oosterweel

Jaar	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,042	4,326	67
2010	0,0681	5,9608	77
2011	0,068*	5,960*	96*
2012	0,0509	3,5692	84
2013	0,0552	4,4736	80

*Die waarden werden echter door AQUAVISION gekalibreerd tussen bemonsterde SSC en OBS turbiditeit.

Driegoten 12/06/2013

Tabel 12 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Driegoten

Jaar	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,054	3,7050	86
2010	0,0529	4,2929	84
2011	0,0624	4,5900	80
2012	0,0336	3,3893	62
2013	0,0523	4,2039	89

Liefkenshoek 25/06/2013

Tabel 13 – Coëfficiënten van de kalibraties tussen backscatter en SSC te Liefkenshoek

Jaar	Helling	Intercept	R ² (%)
2009	0,059	5,119	78
2010	0,0867	6,780	71
2011	0,0746	6,183	76
2011*	2,95*	-88*	96*
2012	0,063	4,6673	89
2013	0,0607	4,6799	91

*Parameters van de lineaire regressie gelegd tussen bemonsterde SSC en OBS turbiditeit door AQUAVISION.

4. Referentielijst

- Deines, K. L. (1999). Backscatter estimation using Broadband acoustic Doppler current profilers. In *Proceedings of the IEEE Sixth Working Conference on Current Measurement (Cat. No.99CH36331)* (pp. 249–253). Ieee. doi:10.1109/CCM.1999.755249
- Fettweis, M., Francken, F., Pison, V., & Van den Eynde, D. (2006). Suspended particulate matter dynamics and aggregate sizes in a high turbidity area. *Marine Geology*, 235(1-4), 63–74. doi:10.1016/j.margeo.2006.10.005
- Jeffrey W. Gartner (U.S. Geological Survey, W. R. D. (2002). *ESTIMATION OF SUSPENDED SOLIDS CONCENTRATIONS BASED ON ACOUSTIC BACKSCATTER INTENSITY: THEORETICAL BACKGROUND* (p. 3).
- Kim, Y. H., & Voulgaris, G. (2003). ESTIMATION OF SUSPENDED SEDIMENT CONCENTRATION IN ESTUARINE ENVIRONMENTS USING ACOUSTIC BACKSCATTER FROM AN ADCP.
- Landers, M. N. (2010). REVIEW OF METHODS TO ESTIMATE FLUVIAL SUSPENDED SEDIMENT CHARACTERISTICS FROM ACOUSTIC SURROGATE METRICS. In *2ND Joint Federal Interagency Conference*. Las Vegas. Retrieved from http://acwi.gov/sos/pubs/2ndJFIC/Contents/2C_Landers_030910_paper.pdf
- Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). MONEOS 2012 - 13 uursmetingen: Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie. Versie 3.0. WL Rapporten, 13_086. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.
- Lohrmann, A. (2001). *Monitoring sediment concentration with acoustic backscattering instruments*. Nortek *Technical Note* (p. 5). Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Monitoring+Sediment+Concentration+with+acoustic+backscattering+instruments#0>
- Meire, P., & Maris, T. (2008). *MONEOS geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium*. Antwerp.
- Merckelbach, L. M. (2006). A model for high-frequency acoustic Doppler current profiler backscatter from suspended sediment in strong currents. *Continental Shelf Research*, 26(11), 1316–1335. doi:10.1016/j.csr.2006.04.009
- MOURAENKO, O. A. (2004). *ACOUSTIC MEASUREMENT TECHNIQUES FOR SUSPENDED SEDIMENTS AND BEDFORMS*. University of Florida.
- Quax, B. (IMDC). (2012). *Stromings- en sedimentconcentratiemetingen in mei 2011 te Schoonaarde, Terhagen en Kruibeke* (p. 600). Antwerp.
- RD INSTRUMENTS – Principles of Operation : A Practical Primer, RD Instruments, San Diego, 1989
- Rijkswaterstaat Meetnet Infrastructuur (RMI) (1999) – *De Rijkswaterstaat standaard voor de inwinning, verwerking en uitgifte van hydrologische en meteorologische gegevens uit operationele meetnetten* – Versie 1.2
- Santen, D. P. van. (2011). *Het meten van suspensieve sediment concentraties met een ADCP, De stand van zaken* (p. 24). Delft. doi:AV_DOC_110202
- Santen, P. van. (2010a). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Boom* (p. 199). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010b). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Driegoten* (p. 235). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010c). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Kruibeke* (p. 115). Utrecht.

- Santen, P. van. (2010d). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Liefkenshoek* (p. 223). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010e). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Oosterweel* (p. 393). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010f). *Varende ADCP metingen Schelde 2009, locatie Schoonaarde* (p. 521). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010g). *Varende ADCP metingen Schelde 2010* (p. 35). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010h). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Boom* (p. 145). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010i). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Driegoten* (p. 115). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010j). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Kruibeke* (p. 115). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010k). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Liefkenshoek* (p. 196). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010l). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Oosterweel* (p. 311). Utrecht.
- Santen, P. van. (2010m). *Varende ADCP metingen Schelde 2010, Figuren Schoonaarde* (p. 395). Utrecht.
- Santen, P. van. (2011a). *Varende ADCP metingen Schelde 2011* (p. 25). Utrecht.
- Santen, P. van. (2011b). *Varende ADCP metingen Schelde 2011, Figuren Driegoten* (p. 183). Utrecht.
- Santen, P. van. (2011c). *Varende ADCP metingen Schelde 2011, Figuren Liefkenshoek* (p. 187). Utrecht.
- Santen, P. van. (2011d). *Varende ADCP metingen Schelde 2011, Figuren Oosterweel* (p. 281). Utrecht.
- Santen, P. van. (2011e). *Varende ADCP metingen Schelde 2011, Figuren Oosterweel* (p. 281). Utrecht.
- Sassi, M. G., Hoitink, a. J. F., & Vermeulen, B. (2012). Impact of sound attenuation by suspended sediment on ADCP backscatter calibrations. *Water Resources Research*, 48(9), n/a–n/a.
doi:10.1029/2012WR012008
- Thorne, P. D., Vincent, C. E., Hardcastle, P. J., Rehman, S., & Pearson, N. (1991). Measuring suspended sediment concentrations using acoustic backscatter devices. *Marine Geology*, 98, 7–16.
- UNESCO. (1981). Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978.pdf. Paris: Unesco Technical Papers in Marine Science.
- Urlick, R. J., Knudsen, V. O., Richardson, E. G., Sewell, C. T. J., & Epstein, P. S. (1948). The Absorption of Sound in Suspensions of Irregular Particles. *THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA VOLUME*, 20(3), 361–363.
- Vanlinder, E.; Ferket, B.; Michielsen, S.; Vereycken, K.; Van Hoestenbergh, T.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). *MONEOS - jaarboek monitoring WL 2013* (p. 144). Antwerp. Retrieved from <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=245503>
- Wall, G., Nystrom, E., & Litten, S. (2006). *Use of an ADCP to compute suspended-sediment discharge in the tidal Hudson River, New York* (p. 26). Reston, Virginia. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Use+of+an+ADCP+to+Compute+Suspended-Sediment+Discharge+in+the+Tidal+Hudson+River,+New+York#0>

www.kmi.be

www.waterinfo.be



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be